

Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем автоматики, автоматизированного управления и
проектирования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
С.В. Ченцов

«13» 06 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

27.03.04 – Управление в технических системах

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ФОРМИРОВАНИЯ СХЕМНОЙ
ДОКУМЕНТАЦИИ**

Руководитель  «15» 06 2017 г. доц., канд. техн. наук Е. Е. Носкова

Выпускник  «15» 06 2017 г.

Е. С. Дубовик

Нормоконтролер  «15» 06 2017 г.

Т. А. Грудинова

Красноярск 2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Информационная поддержка формирования схемной документации» содержит 62 страницы текстового документа, 53 иллюстрации, 2 таблицы, 2 формулы, 17 использованных источников, 3 приложения.

ОФОРМЛЕНИЕ КОСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, СХЕМНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ, САПР ПП, ORCAD CAPTURE CIS LITE, КОМПАС-3D, DATASHEET, БАЗА ДАННЫХ, COMPONENT INFORMATION SYSTEM.

Целью ВКР является анализ и использование функциональных возможностей современных САПР в рамках автоматизации оформления схемной документации при сопровождении проекта на этапе функционального проектирования.

В связи с указанной целью были поставлены следующие задачи:

- 1) анализ функциональных возможностей графических редакторов схем в составе современных САПР;
- 2) разработка методики оформления принципиальных электрических схем в соответствии с ГОСТ с использованием графического редактора в составе САПР печатных плат;
- 3) анализ возможностей информационного сопровождения проекта на этапе функционального проектирования электронного устройства.

В результате выпускной квалификационной работы разработана методика оформления схем электрических принципиальных на основе функциональных возможностей графического редактора в составе САПР печатных плат.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Автоматизация оформления схемной документации.....	5
1.1 Схемная документация: виды и типы схем.....	5
1.2 Оформление конструкторской документации как задача конструкторского проектирования	7
1.3 Инструментальные средства информационной поддержки формирования схемной документации	9
1.3.1 Обзор САПР печатных плат.....	9
1.3.2 Обзор возможностей формирования электрических схем в электротехнических САПР	18
1.3.3 Обзор возможностей формирования электрических схем в машиностроительных САПР.....	23
2 Информационное сопровождение разработки принципиальных электрических схем.....	27
2.1 Стандартные функциональные возможности OrCAD Capture CIS Lite	27
2.2 Расширенные функциональные возможности OrCAD Capture CIS Lite	35
2.3 Интеграция OrCAD Capture CIS Lite с КОМПАС	41
3 Возможности ведения базы данных проекта при разработке схемы электрической принципиальной.....	48
3.1 Формирование базы данных проекта электронного устройства с помощью СУБД Microsoft Access	49
3.2 Формирование базы данных проекта с помощью OrCAD Capture CIS.....	54
Заключение	59
Список сокращений	60
Список использованных источников	61
Приложение А	63
Приложение Б.....	68
Приложение В.....	69

ВВЕДЕНИЕ

Современные производственные предприятия, ведущие проектную деятельность, в составе структуры производственной системы имеет такое структурное подразделение, как отдел главного конструктора (ОГК). Главной задачей ОГК является обеспечение производственного процесса всей технической документацией – чертежами, техническими условиями, инструкциями, программами испытаний и картами наладок на выпускаемую продукцию.

В зависимости от состава решаемых задач различают функциональное, конструкторское и технологическое проектирование. Эти виды проектных работ называют этапами проектирования. Они образуют вертикальные уровни проектирования.

Задачей функционального проектирования является разработка различных схем объекта проектирования: функциональных, структурных, принципиальных, электрических, гидравлических, пневматических, монтажных и других. Поэтому функциональное проектирование иногда называют схемным проектированием.

Подготовка схемной документации является важным и трудоёмким этапом проектирования. Если необходима подробная документация в полном соответствии со стандартами, то, в случае больших проектов, время на её подготовку существенно увеличивается. Зачастую, даже при незначительных изменениях, в проекте приходится править все чертежи, перечень элементов и спецификацию. И, как правило, это ручная работа по трансляции данных из ECAD в MCAD, где происходит создание и оформление документации. На это уходит дополнительное время, которое инженер вынужден тратить, вместо того, чтобы перейти непосредственно к разработке нового проекта. На первый план выходит задача автоматизации создания документации и внесения изменений.

Актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы связана с информационным сопровождением функционального проектирования в части оформления схемной документации. Таким образом, целью ВКР является анализ и использование функциональных возможностей современных САПР в рамках автоматизации оформления схемной документации при сопровождении проекта на этапе функционального проектирования.

В связи с указанной целью были поставлены следующие задачи:

- 1) анализ функциональных возможностей графических редакторов схем в составе современных САПР;
- 2) разработка методики оформления принципиальных электрических схем в соответствии с ГОСТ с использованием графического редактора в составе САПР печатных плат;
- 3) анализ возможностей информационного сопровождения проекта на этапе функционального проектирования электронного устройства.

1 Автоматизация оформления схемной документации

1.1 Схемная документация: виды и типы схем

Схема – это документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними. Виды схем в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия (установки), и их коды представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Виды схем

Вид схемы	Определение	Код вида схемы
Схема электрическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи	Э
Схема гидравлическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, использующие жидкость, и их взаимосвязи	Г
Схема пневматическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, использующие воздух, и их взаимосвязи	П
Схема газовая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие с использованием газа, и их взаимосвязи	Х
Схема кинематическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений механические составные части и их взаимосвязи	К
Схема вакуумная	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи вакуума либо создающие вакуум, и их взаимосвязи	В
Схема оптическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений оптические составные части изделия по ходу светового луча	Л
Схема энергетическая	Документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части энергетических установок и их взаимосвязи	Р
Схема деления	Документ, содержащий в виде условных обозначений состав изделия, входимость составных частей, их назначение и взаимосвязи	Е
Схема комбинированная	Документ, содержащий элементы и взаимосвязи различных видов схем одного типа	С

Примечания:

– для изделия, в состав которого входят элементы разных видов, разрабатывают несколько схем соответствующих видов одного типа, например схема электрическая принципиальная и схема гидравлическая принципиальная,

или одну комбинированную схему, содержащую элементы и связи разных видов;

– на схеме одного вида допускается изображать элементы схем другого вида, непосредственно влияющие на работу схемы этого вида, а также элементы и устройства, не входящие в изделие (установку), на которое (которую) составляют схему, но необходимые для разъяснения принципов работы изделия (установки); условные графические обозначения (УГО) таких элементов и устройств, а также их линий взаимосвязи выполняются на схеме штрихпунктирными линиями, равными по толщине линиям взаимосвязи;

– схему деления изделия на составные части (схему деления) выпускают для определения состава изделия.

Виды схем в зависимости от основного назначения подразделяются на типы. Типы схем и их коды представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Типы схем

Тип схемы	Определение	Код типа схемы
Схема структурная	Документ, определяющий основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи	1
Схема функциональная	Документ, разъясняющий процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или изделия (установки) в целом	2
Схема принципиальная (полная)	Документ, определяющий полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дающий полное (детальное) представления о принципах работы изделия (установки)	3
Схема соединений (монтажная)	Документ, показывающий соединения составных частей изделия (установки) и определяющий провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.)	4
Схема подключения	Документ, показывающий внешние подключения изделия	5
Схема общая	Документ, определяющий составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации	6
Схема расположения	Документ, определяющий относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости, также жгутов (проводов, кабелей), трубопроводов, световодов и т. п.	7
Схема объединенная	Документ, содержащий элементы различных типов схем одного вида	0

– наименование и код схемы определяют их видом и типом;

– наименование схемы комбинированной определяют комбинацией видов схем одного типа;

– наименование схемы объединенной определяют комбинацией типов схем одного вида;

Код схемы должен состоять из буквенной части, определяющей вид схемы (таблица 1), и цифровой части, определяющей тип схемы (таблица 2). Например, схема электрическая принципиальная – Э3; схема гидравлическая соединений – Г4; схема деления структурная – Е1; схема электрогидравлическая принципиальная – С3; схема электрическая соединений и подключения – Э0; схема гидравлическая структурная, принципиальная и соединений – Г0 [1].

1.2 Оформление конструкторской документации как задача конструкторского проектирования

В конструкторском проектировании выделяют три группы задач:

- 1) синтез конструкции;
- 2) контроль полученных конструктивных решений;
- 3) оформление документации конструкторской (КД) и технологической (ТД), включая выпуск носителей информации (НИ).

Основными задачами синтеза конструкций являются следующие коммутационно-монтажные задачи:

- компоновка конструктивов i -го в конструктивы $(i - 1)$ -го уровня;
- размещение конструктивов i -го уровня в конструктивы $(i - 1)$ -го уровня;
- трассировка монтажных соединений между конструктивами на всех уровнях.

Каждая перечисленная задача состоит из нескольких подзадач, реализуется отдельным пакетом прикладных программ, может решаться отдельной подсистемой САПР. Если компоновка не автоматизирована, то информация задаётся принципиальной электрической схемой и проектирование на ЭВМ начинается с размещения. Если размещение не автоматизировано, то информация задаётся описанием координат соединений схемы и на ЭВМ выполняется трассировка и выпуск документации. Наконец, если все проектирование не автоматизировано и сделан эскиз топологии схемы, исходной информацией является данный эскиз или его типовый фрагмент.

Контроль полученных конструктивных решений включает контроль соответствия конструкции исходной принципиальной электрической схеме и контроль выполнения заданных конструктивно-технологических ограничений [2].

При разработке электронных устройств выпускается большое количество технической документации, состав которой определяется системой ЕСКД и ЕСТД.

Единая система конструкторской документации – комплекс Государственных стандартов, устанавливающий виды изделий, виды и комплектность конструкторских документов и требований к ним. К ЕСКД относятся графические и текстовые документы, определяющие в отдельности или в совокупности состав и устройство изделия и содержащие данные для его разработки, изготовления, контроля, эксплуатации и ремонта. Стандарты ЕСКД определяют комплектность и формы документов на различных этапах разработки изделия. На каждом этапе создаются текстовые и графические документы. Объем документации возрастает в направлении от ТЗ к рабочей документации, так как повышается степень детализации изделия, поэтому проблема автоматизации выпуска конструкторской документации в первую очередь возникает на этапе конструкторского и технологического проектирования.

Единая система технологической документации – комплекс Государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения текстовой и графической технологической документации.

По способам оформления конструкторскую документацию разделяют на схемную и чертежную (графическую), табличную и описательную (текстовую). Одна из важнейших проблем совершенствования ЕСКД и ЕСТД – разработка правил, учитывающих специфику автоматизированного проектирования. В настоящее время утверждены многие стандарты на конструкторскую документацию для САПР, остальные находятся в стадии разработки и испытаний. С внедрением автоматизированных методов проектирования пересматриваются требования к оформлению документации с учетом возможности выполнения типовых конструкторских и технологических документов машинными методами.

Принципиальная (функциональная) схема представляет собой графический документ с указанием условных обозначений элементов и связей между ними. Правилами ЕСКД установлена определенная емкость одного листа, поэтому на первом этапе решается задача разбиения элементов схемы по листам или компоновки листов по критериям минимального числа связей между листами и равномерности заполнения листов; на втором этапе – задача размещения элементов на поле листа по критериям минимальной суммарной длины соединений и минимального количества пересечений; на третьем этапе – задача формирования графического изображения связей между элементами по критериям минимальной суммарной длины соединений, минимального числа пересечений и изломов.

Для решений этих задач разрабатываются специальные программы компоновки, размещения и трассировки на основе алгоритмов и методов

решения аналогичных задач коммутационно-монтажного проектирования печатных плат.

Особенность разработанных программ – учет следующих специфических требований и ограничений при выдаче схемной документации: элементы имеют различные геометрические размеры; основной поток связей направлен слева направо; трассировка осуществляется на поле листа, причем множество контактов существенно упорядоченно; пересечения соединительных линий и объединения электрических цепей допускаются.

Алгоритмы формирования многовидового машиностроительного чертежа имеют свою специфику. Исходной для формирования чертежа является геометрическая модель оригинала. При формировании многовидового чертежа блока, узла или детали решаются задачи выбора: главного вида и его расположения на поле чертежа в соответствии с ЕСКД; изображений с разрезами; дополнительных видов и их расположения; а также задачи нанесения размеров и получения вспомогательных и поясняющих надписей на поле чертежа [3].

1.3 Инструментальные средства информационной поддержки формирования схемной документации

1.3.1 Обзор САПР печатных плат

Программное обеспечение Cadence OrCAD представляет собой линейку систем автоматизированного проектирования электроники (печатных плат и электронных схем). В состав пакета САПР OrCAD входят решения для редактирования принципиальных схем, управления библиотеками Active Parts, аналого-цифрового моделирования, параметрической оптимизации, взаимодействия со средой MATLAB, редактирования топологий печатных плат, автоматической и интерактивной трассировки, анализа целостности сигналов и перекрестных искажений.

Компоненты Cadence OrCAD:

- Capture – графический редактор схем;
- Capture CIS – графический редактор схем с инструментом ведения баз данных компонентов;
- PSpice A/D – программа моделирования аналоговых и смешанных аналого-цифровых устройств, данные в которую передаются как из PSpice Schematics, так и из OrCAD Capture;
- PSpice AA – решение для параметрической оптимизации;
- PSpice SLPS Option – модуль связи с пакетом MATLAB;
- SPECCTRA – программа автоматической трассировки печатных плат из пакета Cadence OrCAD;
- PCB Editor – система редактирования топологии печатных плат;

– Signal Explorer – приложение для анализа целостности сигнала и взаимовлияния компонентов в плате.

OrCAD Capture предлагает интуитивный интерфейс с инструментарием и функциональностью, необходимыми для быстрого решения задач схемотехнического проектирования. В целях редактирования комплексных проектов OrCAD Capture поддерживает многостраничные и иерархические связи. Мощные инструменты проверки таких связей позволяют отслеживать возможные нарушения правил проектирования. Система тесно связана с редактором печатных плат PCB Editor и программой аналого-цифрового моделирования работы принципиальных схем PSpice A/D.

Прямая и обратная связь Capture с PCB Editor обеспечивает синхронизацию данных между принципиальной схемой и печатной платой через механизмы перекрестного выделения и размещения компонентов, автоматического внесения изменений в печатную плату по изменениям в схеме (ECO) и наоборот, перестановки логически эквивалентных секций и выводов компонентов, а также автоматических изменений наименований и обозначений компонентов [4].

Интерфейс пользователя в OrCAD Capture представлен на рисунке 1.

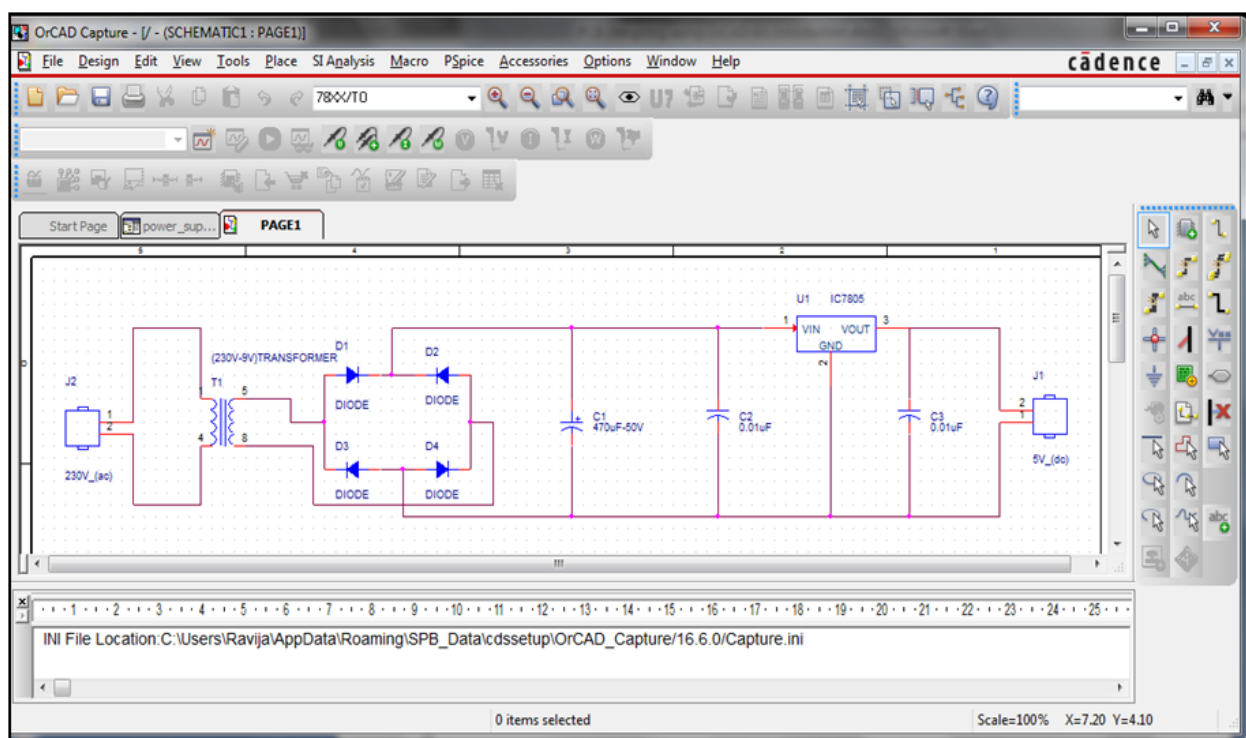


Рисунок 1 – Интерфейс пользователя в OrCAD Capture

Программный комплекс Xpediton Enterprise от компании Mentor Graphics обеспечивает решение всех инженерных и конструкторских задач при проектировании печатных плат, позволяя более чем на 50% сократить цикл проектирования, значительно улучшить эффективность использования

имеющихся людских и материальных ресурсов при создании новейших электронных устройств (РЭС).

Единая среда для создания сложно-иерархичных и коллективных проектов позволяет:

- выполнять коллективную одновременную работу над несколькими листами проекта с учетом ограничений и возможностями для моделирования схем;
- обеспечивает возможность проектировать на единой печатной плате СВЧ, аналоговые и цифровые блоки устройства;
- позволяет синхронизировать работу всех проектных групп и избежать необходимости переделок проекта в конце процесса;

Интегрированный мощный инструмент поиска и управления информацией о компоненте обеспечивает возможность осуществлять быстрый поиск и выбор необходимого компонента из любой базы данных стандартных деталей.

Табличный редактор связей для проектов со сложными компонентами с большим количеством выводов позволяет быстро создавать условно-графические обозначения (УГО) электронных компонентов и блоков как с большим количеством выводов (ПЛИС, разъемы и объединения плат), так и многосекционных.

Интерфейс пользователя в Xpediton Enterprise представлен на рисунке 2.

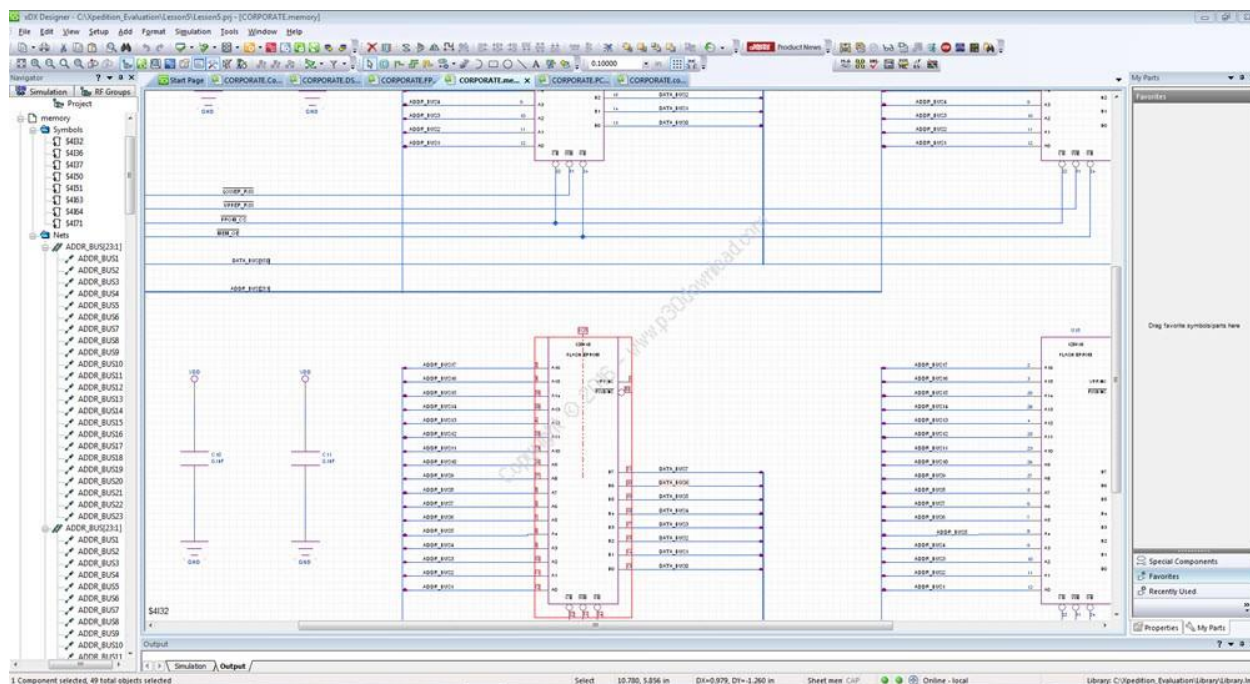


Рисунок 2 – Интерфейс пользователя в Xpediton Enterprise

Система проектирования Xpedition Enterprise обеспечивает возможность совместной работы всех проектных отделов, а также администрирования доступа к проектным данным при тесном сотрудничестве в рамках групп инженеров-схемотехников, конструкторов и производственников.

Функционал Xpedition Enterprise обеспечивает решение задач в соответствии со стандартной технологией проектирования ПП, а интуитивно понятный интерфейс для работы с инструментами и мощная поддержка разработчика и сети партнеров позволяют быстро освоить комплекс пользователю с практически любым опытом работы [5].

Altium Designer — это система, позволяющая реализовывать проекты электронных средств на уровне схемы или программного кода с последующей передачей информации проектировщику ПЛИС или печатной платы. Отличительной особенностью программы является проектная структура и сквозная целостность ведения разработки на разных уровнях проектирования. Так же в качестве приоритетного направления разработчиков данной программы стоит отметить интеграцию ECAD и MCAD систем. Теперь разработка печатной платы возможна в трёхмерном виде с двунаправленной передачей информации в механические САПР (Solid Works, Pro/ENGINEER, NX и др.).

Данный пакет состоит из двух продуктов, базирующихся на единой интегрированной платформе DXP, возможность работы с тем или иным из них зависит от типа приобретённой лицензии:

- Altium Designer Custom Board Front-End Design — Проектирование ПЛИС, схемотехническое проектирование и моделирование.
- Altium Designer Custom Board Implementation — Проектирование печатных плат и ПЛИС.

В состав программного комплекса Altium Designer входит весь необходимый инструментарий для разработки, редактирования и отладки проектов на базе электрических схем и ПЛИС. Редактор схем позволяет вводить многоиерархические и многоканальные схемы любой сложности, а также проводить смешанное цифро-аналоговое моделирование. Библиотеки программы содержат более 90 тысяч готовых компонентов, у многих из которых имеются модели посадочных мест, SPICE и IBIS-модели, а также трёхмерные модели. Любую из вышеперечисленных моделей можно создать внутренними средствами программы.

Интерфейс пользователя в Altium Designer Vault представлен на рисунке 3.

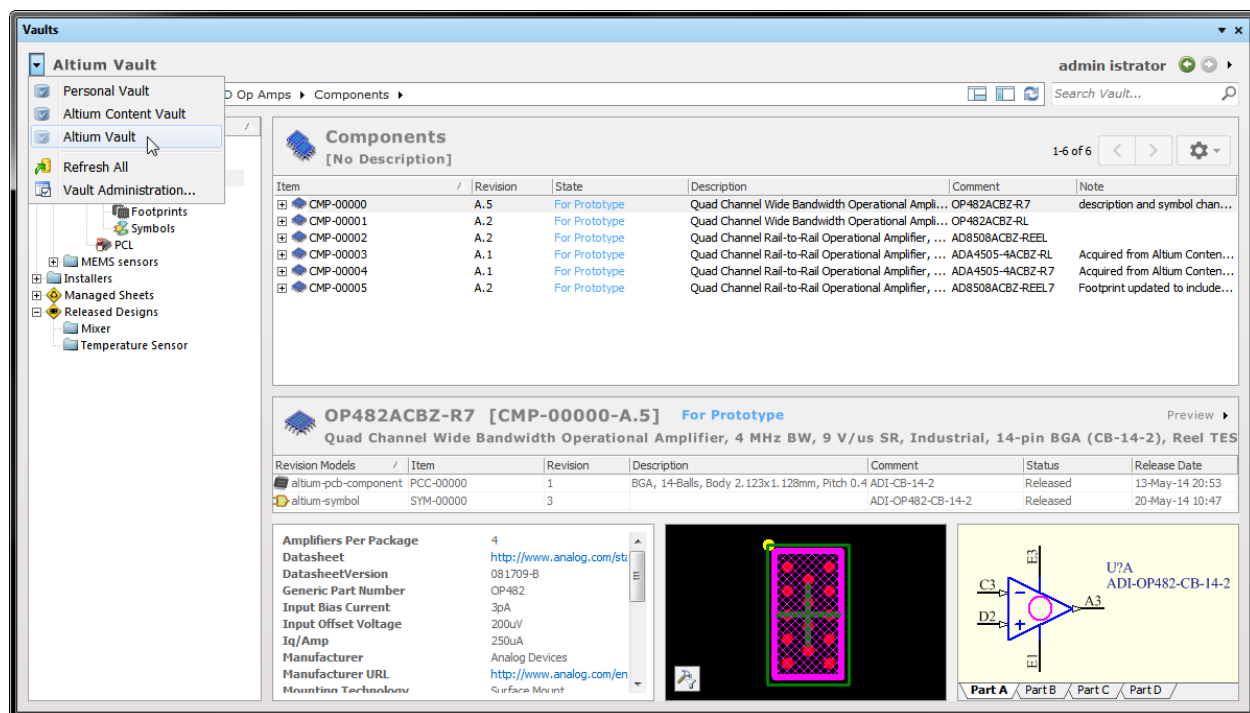


Рисунок 3 – Интерфейс пользователя в Altium Designer Vault

Редактор печатных плат Altium Designer содержит мощные средства интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников, которые совместно с интуитивной и полностью визуализированной системой установки правил проектирования максимально упрощают процесс разработки электроники. Инструменты трассировки учитывают все требования, предъявляемые современными технологиями разработок, например, при трассировке дифференциальных пар или высокочастотных участков плат. В состав программы входит автоматический трассировщик Situs, в котором используются наиболее прогрессивные алгоритмы трассировки печатных проводников. Принципиальным отличием последней версии Altium Designer является поддержка двунаправленной работы с механическими деталями и моделями компонентов в формате STEP, которые могут быть импортированы/экспортированы из механических САПР.

Работа над всеми частями проекта ведётся в единой управляющей оболочке Design Explorer, что позволяет разработчику контролировать целостность проекта на всех этапах проектирования. Таким образом, изменения, внесённые на любом этапе разработки, автоматически передаются на все связанные стадии проекта. В дополнение к мощным средствам разработки, Altium Designer имеет широкие возможности импорта и экспорта сторонних систем проектирования и поддерживает практически все стандартные форматы выходных файлов (Gerber, ODB++, DXF и т. д.). Полностью поддерживаются все наработки в виде схем, плат и библиотек, разработанные в последних версиях P-CAD [6].

Редактор схем системы Delta Design предназначен для разработки принципиальных электрических схем проектируемых радиоэлектронных устройств. Редактор обеспечивает простую и удобную работу со схемами. Это достигается за счет большого количества инструментов, позволяющих автоматизировать работу проектировщика, и дружественного интерфейса системы, который способствует уменьшению количества ошибок проектирования.

К базовому функционалу редактора схем относятся:

- поддержка многолистовых и иерархических схем любого уровня сложности;
- инструменты размещения и группировки проводников;
- поддержка шин разных видов (с заданным диапазоном цепей, со списком цепей и произвольных);
- инструменты создания списка цепей (netlist) и навигации по нему;
- контроль целостности схемы;
- поддержка ГОСТ (стандартные штампы, контроль соблюдения требований ГОСТ при размещении компонентов и проводников).

Редактор имеет ряд особенностей, позволяющих оптимизировать работу со схемами:

1) Совмещение процессов разработки схемы с выпуском документации

Рабочее поле схемотехнического редактора представлено в виде отдельных листов, на которых выполняется построение схемы. Такой подход позволяет разделять схему на функциональные части непосредственно в момент проектирования и обеспечивает единое оформление всех листов схемы. Оформление листов осуществляется в соответствии со стандартами, заданными для реализуемого проекта, в качестве которых доступны ГОСТ и ANSI.

2) Интеллектуальный алгоритм прокладки цепей

Автоматизированное редактирование схемы с соблюдением стандартов оформления (ГОСТ). Автоматическое прокладывание цепей по оптимальному маршруту. Автоматическое создание портов. Автоматическое подключение к шине с заданием специального «входа» в шину. Перемещение компонентов, проводников, портов и шин осуществляется с сохранением подключений.

3) Контроль целостности схемы в момент редактирования

Редактор схем препятствует совершению заведомо неправильных действий, таких как размещение компонентов в зоне расположения нескольких цепей, неправильное подключение цепи и т. д., что позволяет уменьшить количество ошибок при проектировании.

4) Гибкие настройки внешнего вида схемы

Свойства большинства объектов, в том числе внешний вид могут быть изменены прямо на схеме. Инспектор свойств обеспечивает оперативный доступ ко всем свойствам редактируемого объекта и осуществляет группировку свойств по функциональному назначению.

5) Возможность ведения правил создания платы в момент разработки схемы

Правила проектирования для цепей (ограничения для отрисовки цепей на плате) могут задаваться проектировщиком уже на этапе разработке электрической схемы. Как только цепь добавляется в список цепей (netlist) для нее можно задать правила проектирования, или включить ее в класс цепей (группа цепей, для которых применяются одинаковые правила проектирования) [7].

На рисунке 4 представлен интерфейс редактора схем Delta Design.

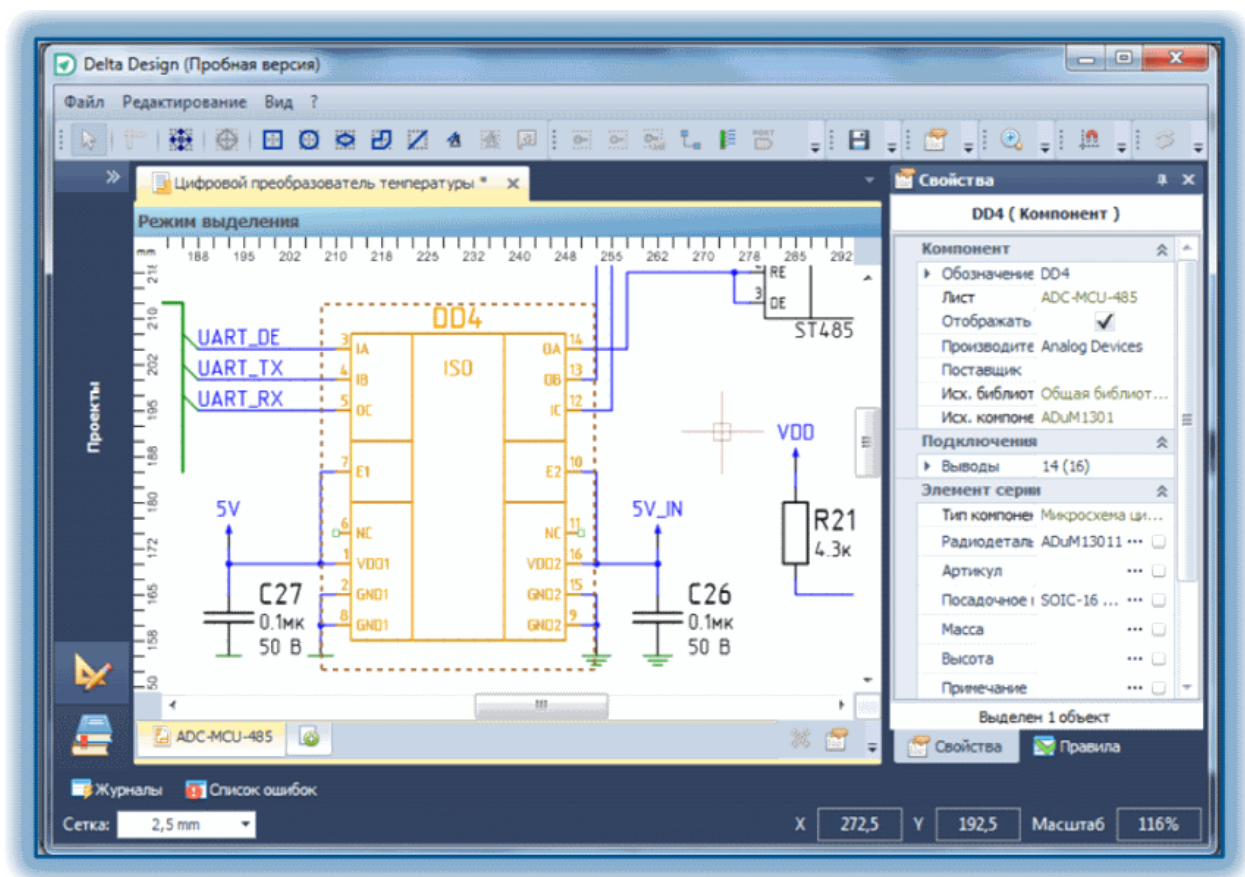


Рисунок 4 –Интерфейс редактора схем Delta Design

САПР CADSTAR поддерживает сквозной маршрут разработки печатных плат и содержит модули для проектирования схем, размещения и автоматической трассировки, электромагнитной совместимости и анализа целостности сигналов, подготовки конструкторской и технологической

документации, трехмерного анализа результатов работы в механическом окружении. Программный комплекс CADSTAR Express в свою очередь создан с целью ознакомить потенциальных покупателей с основными возможностями продукта CADSTAR.

Приложение имеет следующие взаимосвязанные редакторы:

- Design Editor – центральный модуль системы, включающий в себя весь комплект программ физического проектирования и формирования выходных файлов, а именно: редактор печатных плат, редактор электрических принципиальных схем, редактор УГО символов, редактор типовых компонентных блоков, редактор документов. Модуль Design Editor позволяет управлять иерархической структурой и конфигурацией проектов, копировать части одного проекта в другой, выполнять «горячую» связь, реализовывать нисходящее и многовариантное проектирование с установкой ограничений и требований.

- Library Editor – модуль для создания и редактирования компонентов и типовых конструктивных элементов для печатных плат. Библиотеки в составе CADSTAR Express включают в себя около 20 000 стандартных компонентов и 400 схемных символов, а графические редакторы Library Editor с генераторами и готовыми шаблонами дают возможность пополнять стандартные наборы библиотек.

- PReEditor XP – редактор для размещения и трассировки, ориентированный на сложные высокоскоростные проекты и позволяющий выполнять трассировку в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах. Для простых проектов трассировка может быть выполнена с помощью инструментов, встроенных в модуль Design Editor. PReEditor XR имеет целый набор уникальных функций для выполнения бессеточной контурной трассировки с любыми углами. Возможно задание областей, подчиняющимся собственным правилам трассировки, а также сохранение шаблонов разводки.

Интерфейс пользователя в CADSTAR Express представлен на рисунке 5.

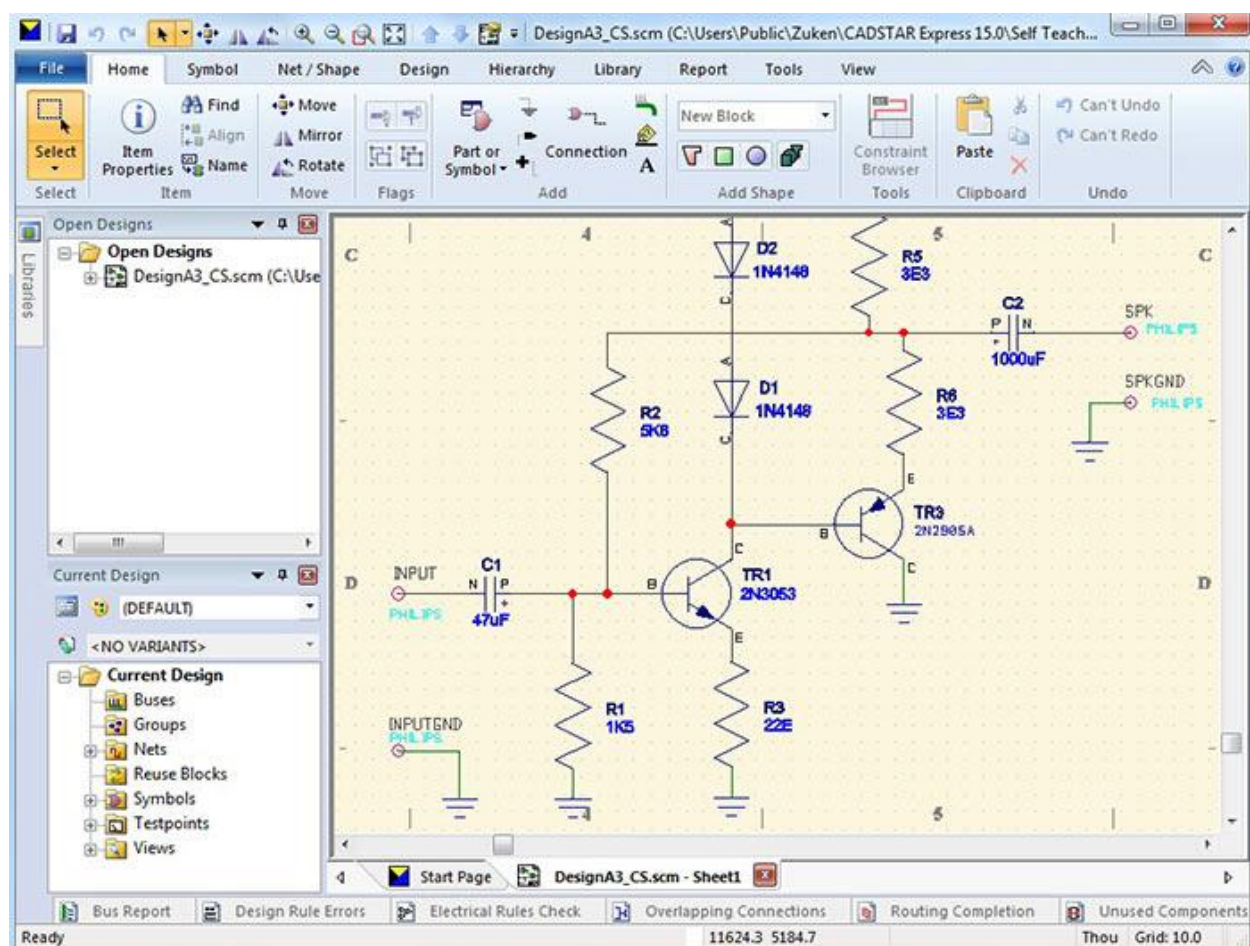


Рисунок 5 – Интерфейс пользователя в CADSTAR Express

По завершении проектирования программа CADSTAR Express позволяет оформить перечни используемых материалов, а также представить выходные данные в виде: управляющих IPC-D-3564 файлов, NC Drill или Gerber файлов, файлов форматов ODB++, DXF, GenCAD и CADIF.

Программа CADSTAR Express бесплатна и включает в себя ключевые возможности, имеющиеся в полнофункциональной версии. Вместе с тем данный софт обладает рядом ограничений: число компонентов не может превышать 50 штук, а число контактных площадок – 300 [8].

Среди рассмотренных САПР печатных плат особое место стоит выделить Cadence OrCAD. Данная система пользуется популярностью у разработчиков со всего мира благодаря широким функциональным возможностям, удобному интерфейсу и тесной интеграции всех программных модулей, позволяющей сделать работу над проектом печатной платы максимально эффективной. Для создания и редактирования принципиальных электрических схем используется программа OrCAD Capture, которая является не просто графической оболочкой, предназначенной для отрисовки принципиальных схем, а многофункциональной системой создания сложных проектов, имеющая в своём составе все необходимые инструменты для разработчиков.

1.3.2 Обзор возможностей формирования электрических схем в электротехнических САПР

AutoCAD Electrical включает в себя большинство функций программного обеспечения AutoCAD, а кроме того содержит уникальные инструменты для автоматизации процессов создания схем, компоновки чертежей, генерации отчетов и многого другого. Приложение работает как с целыми проектами, так и с отдельными компонентами (двигателями, клеммами, реле и т.д.); проводами, жгутами, кабелями; программируемыми логическими контроллерами. Проекты могут включать в себя принципиальные схемы, схемы автоматизации, чертежи компоновок, схемы соединений, монтажные планы, разнообразные отчеты.

Программа поддерживает международные стандарты по оформлению чертежей, включает в себя обширнейшие библиотеки компонентов и условных обозначений, в частности свыше 2000 УГО элементов электрических схем стандартов ГОСТ, IEC, JIS, JIC, GB, AUS. Имеется опция самостоятельной разработки и добавления графических образов. Базы данных каталога содержат более 370 тысяч наименований изделий известных производителей, их компоновочные образы и каталожные данные.

Каждому компоненту в схеме присваивается автоматически уникальное позиционное обозначение. Части компонента с одинаковым обозначением, но размещенные на разных листах, определяются программой как единый объект. Произведенные в одной месте изменения переносятся на все остальные части компонента. Проводам в проекте можно назначать цвет, марку, сечение, номера и функции жил кабелей и т.д. Для соединения цепей, расположенных на разных листах (или частях листа), применяются перекрестные ссылки. ПО AutoCAD Electrical содержит специальные инструменты для работы со схемами, имеющими жгутовые соединения, контакторы и реле, программируемые логические контроллеры. Все данные о клеммах проекта рассматриваются в особом «Редакторе клеммных колодок».

В ходе проектирования ПО AutoCAD Electrical в реальном времени осуществляет контроль над всеми проводимыми операциями и при необходимости выводит сообщения об ошибках. Программа отслеживает УГО для компонентов, дублирование обозначений, недопустимые контакты, «висячие» провода, отсутствие или повтор номера провода, элементы с не назначенными номерами каталога, «дочерние» компоненты с не назначенным «родителем».

По данным отдельных чертежей или всего проекта в целом формируются различные отчеты, например, таблицы соединений, перечни компонентов, проводов и кабелей, таблицы сигналов ПЛК, справки о перекрестных ссылках и т.д. Кроме того имеется возможность «тонкой» настройки пользовательских отчетов, а также их сохранения во внешних файлах форматов ASCII, Microsoft

Access и Excel, XML, CSV, PDF. Для получения 3D-модели изделия предусмотрена связь с программой Autodesk Inventor [9].

Интерфейс пользователя в AutoCAD Electrical представлен на рисунке 6.

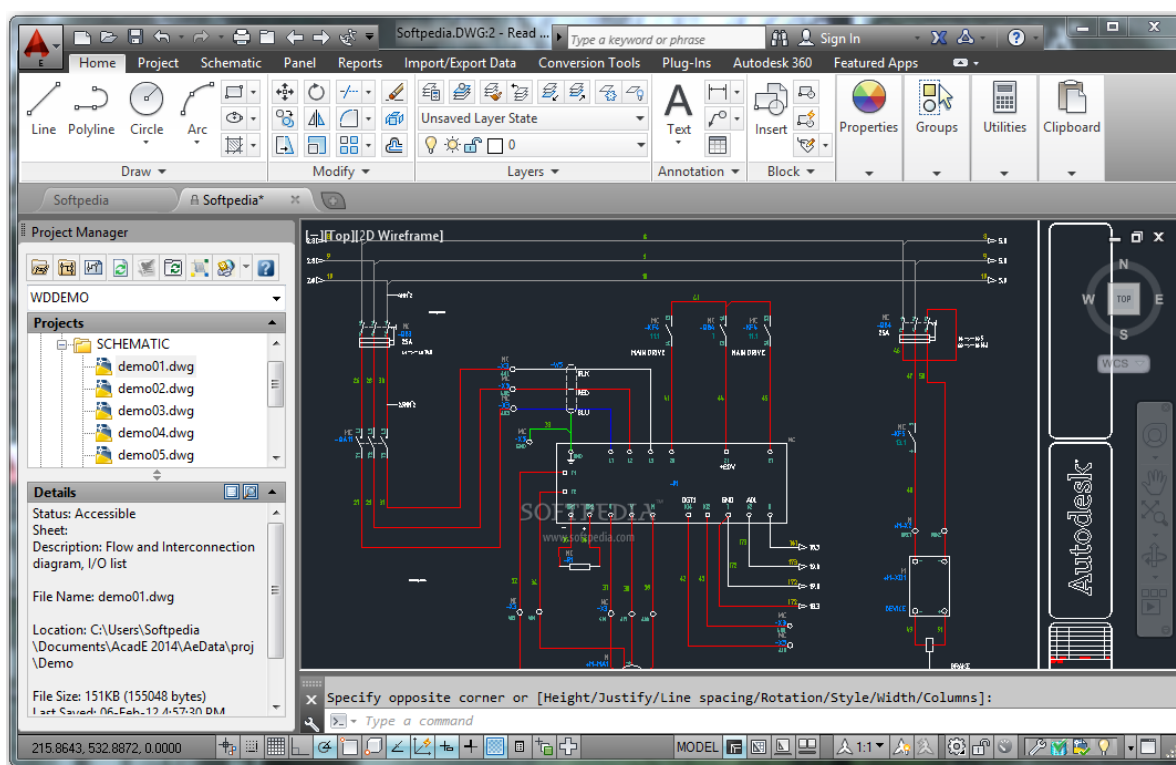


Рисунок 6 – Интерфейс пользователя в AutoCAD Electrical

Программный продукт nanoCAD Схемы предназначен для автоматизированного построения схем в следующих областях проектирования промышленных и гражданских объектов: электротехника, КИПиА, технологическое проектирование, а также в других областях, требующих построения схем.

Интерфейс пользователя в nanoCAD Схемы представлен на рисунке 7.

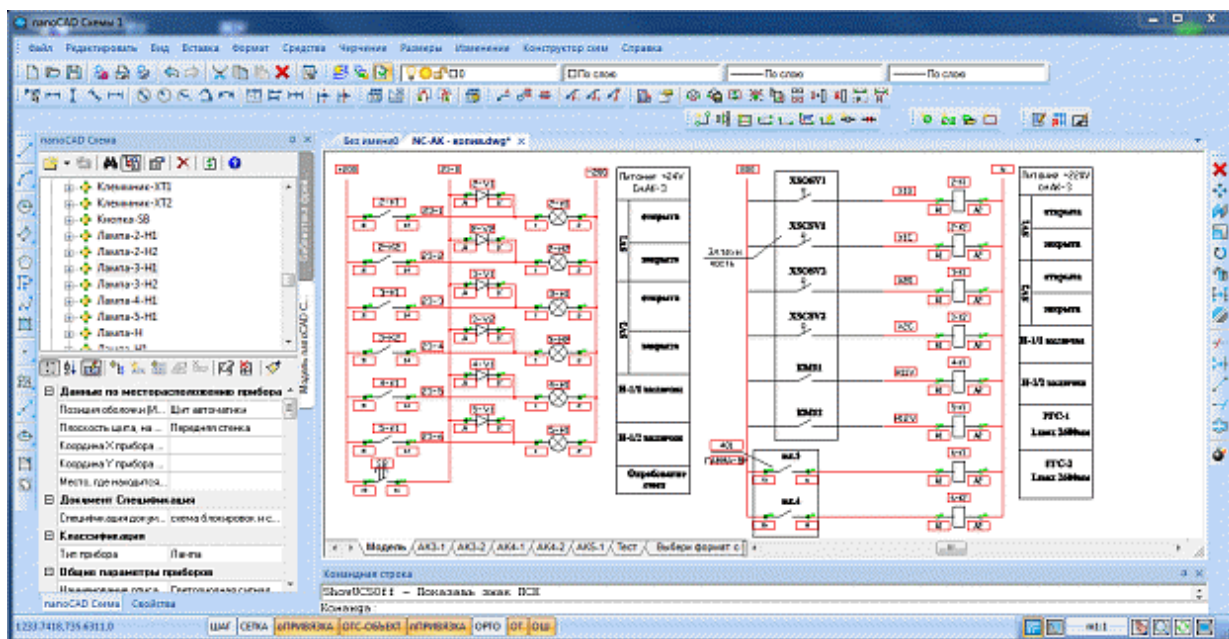


Рисунок 7 – Интерфейс пользователя в nanoCAD Схемы

Функционал программы позволяет инженеру проектировщику сосредоточить внимание на построении самой схемы, освободившись от трудоемкой работы: подсчета всего оборудования, изделий, материалов и сведения их в спецификацию или перечень элементов схемы. При этом риск появления в проектной документации ошибок, вызванных действием так называемого «человеческого фактора», сведен к минимуму. Таким образом, nanoCAD Схемы позволяет существенно сократить сроки проектирования и при этом повысить качество проектной документации.

nanoCAD Схемы позволяет решать следующие задачи:

- выполнение принципиальных электрических схем, в том числе схем цепей вторичной коммутации, принципиальных электрических схем блокировок и сигнализации, принципиальных электрических схем питания, принципиальных электрических монтажных схем и т.д;
- выполнение технологических схем, в том числе схем автоматизации;
- выполнение функциональных и структурных схем, в том числе блок-схем;
- формирование проектной документации.

Основные преимущества nanoCAD Схемы:

- интеллектуальные объекты схемы, обладающие определенным поведением и атрибутивной информацией;
- работа со сборками и иерархическими структурами схемы;
- средства автоматического (пакетного) распознавания схем по заданным образцам;
- встроенный модуль редактирования спецификаций;

- мастер оформления чертежа, позволяющий организовать работу в строгом соответствии с внутренними стандартами предприятия и особенностями конкретного проекта;
- модуль экспорта данных в формате MS Word, MS Excel, xml.

По результатам работы в nanoCAD Схемы можно сформировать следующие документы: спецификации оборудования, изделий и материалов, перечни элементов схемы, а также любые другие таблицы и отчеты [10].

Платформа EPLAN предназначена для автоматизированного инженерного проектирования систем АСУТП, систем пневматики и гидравлики, а также систем электроснабжения и освещения любой сложности.

Платформа EPLAN позволяет использовать общую базу данных изделий и элементов, используемых в процессе проектирования. Это полностью исключает ошибки, которые могут возникнуть при передаче данных об изделиях из отдела в отдел в процессе выполнения проектных работ. База данных структурирована и имеет множество полей для занесения требуемых свойств изделий. В базу данных можно заносить информацию о стоимости изделия, производителе и поставщике продукции, прикладывать внешние документы, описания, графические файлы, макросы и т. п. Наполнение базы данных может происходить различными путями. Можно заполнять ее вручную, создавая новые элементы, копировать их внутри базы, менять свойства. Можно использовать функции импорта из файлов форматов CSV, XML, TXT. Если на предприятии существует база данных в Excel, то никаких проблем для ее использования также не существует. Кроме этого, имеется возможность подключить внешнюю базу данных в любом формате: 1С, Oracle и т.д.

Если используется традиционный метод проектирования, то при изменении номера УГО либо при добавлении нового элемента проектировщику требуется вручную произвести перенумерацию всех УГО в проекте, а их, как известно, может быть очень и очень много. EPLAN позволяет полностью автоматизировать этот процесс. Возможно создание любых схем нумерации устройств, соединений, УГО и страниц проекта. Процесс перенумерации происходит автоматически, по нажатию одной кнопки. В процессе создания проекта инженер полностью освобожден от ручного заполнения таблиц соединений, спецификаций, содержаний, перечней элементов, схем подключений и т. п. Программа может автоматически создавать 29 типов документации.

В соответствии с требованиями российского стандарта есть возможность отдельно определять тип формы для первого и последующих листов автоматически создаваемых документов. Кроме текстовых документов (перечней, спецификаций и т. п.) программа может создавать и графические (монтажные) чертежи. Все программные продукты платформы EPLAN обеспечивают «сквозное» проектирование. Это означает, что если что-либо

изменяется в принципиальной схеме, то эти изменения автоматически находят отражение во всем проекте. И наоборот, если изменить обозначение устройства в автоматически сгенерированном документе, его обозначение изменится и на принципиальной схеме. Это освобождает проектировщика от необходимости вручную корректировать все листы проекта.

Платформа EPLAN позволяет реализовать три основных способа создания проектной документации:

- создание проекта на основе условных графических обозначений. Сначала инженер разрабатывает схемы, а затем присваивает УГО конкретные элементы из базы данных;

- создание проекта на основе изделий из базы данных. Проектировщик размещает элементы непосредственно из базы данных изделий на схему и выполняет их подключение;

- создание проекта на основе predetermined спецификации. Если перечень изделий, которые должны быть использованы в проекте, изначально определен, то проектировщик производит размещение этих изделий на схему непосредственно из спецификации [11].

Интерфейс пользователя в EPLAN Electric P8 представлен на рисунке 8.

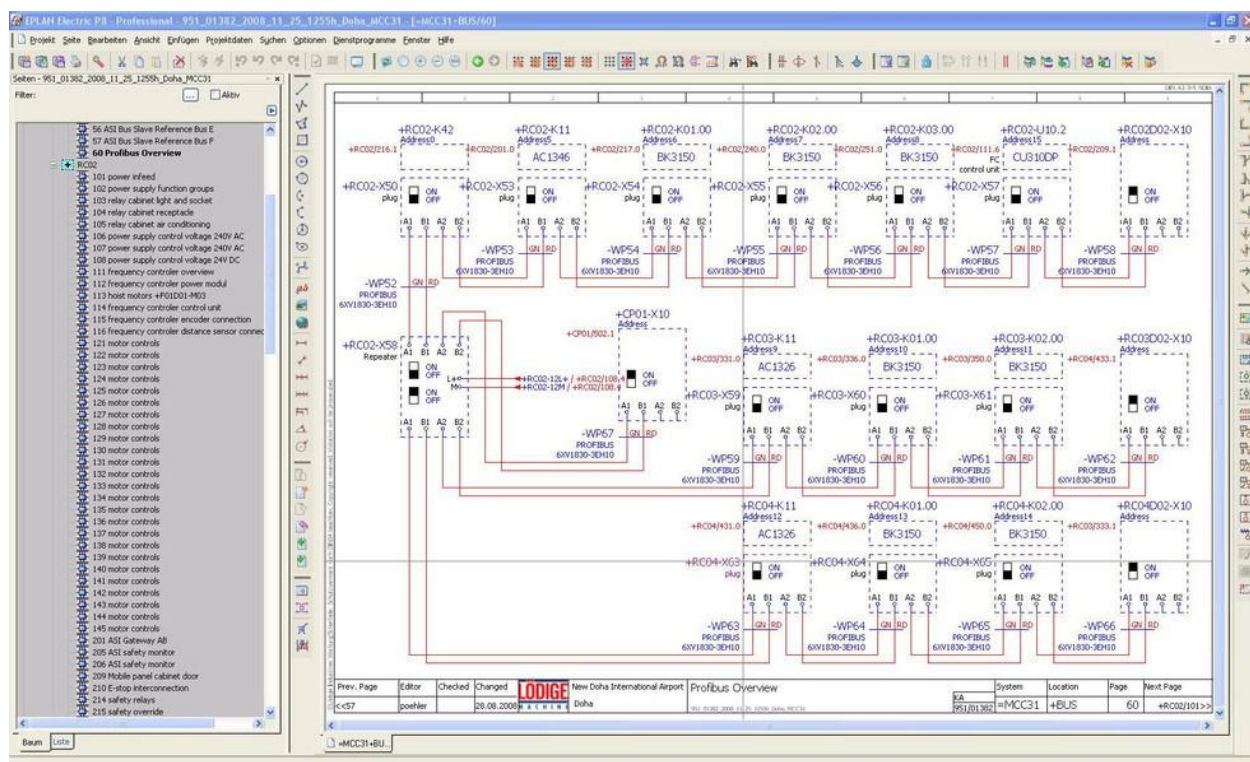


Рисунок 8 – Интерфейс пользователя в EPLAN Electric P8

Возможность формирования принципиальных электрических схем в электротехнических САПР позволяет инженерам-электротехникам и инженерам-механикам совместно работать над проектом, вносить изменения, учитывая различные варианты электротехнической разметки, и комбинировать результаты с проектами, предоставленными проектировщиками механических систем.

1.3.3 Обзор возможностей формирования электрических схем в машиностроительных САПР

КОМПАС-Электрик предназначен:

- для автоматизации проектирования и выпуска комплекта документов (схем и отчётов к ним) на электрооборудование объектов производства, в которых для выполнения электрических связей используется проводной монтаж (низковольтные комплектные устройства (НКУ), системы релейной защиты и автоматики (РЗА), АСУ технологических процессов и т. д.);
- для автоматизации проектирования комплекта документов на электрооборудование объектов производства с применением программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Систему можно применять в институтах, конструкторских бюро и отделах, которые проектируют электроприводы, нестандартное оборудование, разрабатывают проекты электроснабжения в промышленном и гражданском строительстве.

Система состоит из двух основных модулей: Базы данных и Редактора схем и отчетов.

База данных системы содержит комплектующие изделия, применяемые в проектах, а также условные графические обозначения (УГО), используемые при создании схем электрического вида. База данных уже имеет первичное наполнение — около 6000 типоразмеров изделий и около 600 графических обозначений. В любой момент времени в нее можно добавлять новые комплектующие изделия и УГО. База может работать на платформе СУБД Microsoft SQL Server, Microsoft Access, Borland InterBase, Oracle. Также в состав системы входит база данных продукции фирмы Schneider Electric, которая содержит более 1800 комплектующих изделий и их описаний.

В Редакторе схем и отчётов создаются, редактируются, оформляются и выводятся на печать документы проекта. Среди них — Схема электрическая принципиальная (ЭЗ), Схема соединений (Э4), Схема расположения (Э7), Перечни элементов, Спецификации, Таблицы соединений и подключений и многое другое. Для управления проектами и их документами в Редакторе предусмотрен Менеджер проектов. Редактор схем и отчётов функционирует в среде системы КОМПАС-График.

Основные функции КОМПАС-Электрик:

- вставка УГО из библиотеки в схему, его обработка и выполнение контрольных операций;
- построение и редактирование линий электрической связи, электрических шин, групповых линий связи;
- ручная и автоматическая расстановка маркировки проводов;
- автоматическая расстановка УГО на схеме электрических соединений, схеме подключений и схеме общей;
- полуавтоматическое формирование технологической карты раскладки проводов;
- вставка спецсимволов линий связи (экран, кабель, коаксиальный проводник, скрутка и т. п.);
- оптимизация трасс прокладки проводов;
- функция централизованной корректировки электрических связей в изделии [12].

Интерфейс пользователя в КОМПАС-Электрик представлен на рисунке 9.

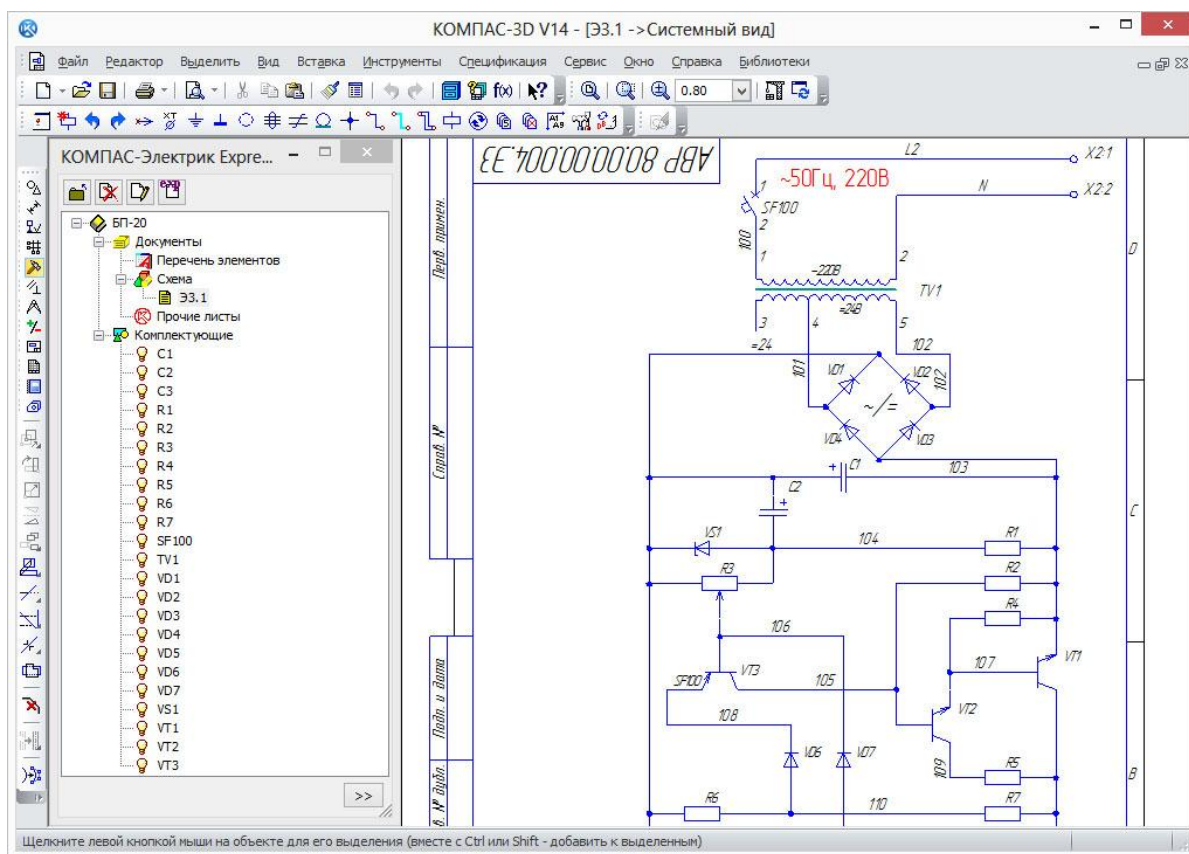


Рисунок 9 – Интерфейс пользователя в КОМПАС-Электрик

Модули Electrical Part Design и Electrical Assembly Design, объединенные под общим названием Electrical Library (ELB) в CATIA V5, работают на уровне детали и сборки и выполняют задачи электрического определения трехмерных

объектов, а также размещения и подключения электрически определенных устройств и оборудования. Процедура электрического определения подразумевает присвоение так называемого электрического поведения обычному трехмерному объекту, после чего этот объект в функциональном плане становится электрическим компонентом.

В CATIA V5 существует несколько типов функциональных электрических определений: коннектор, гнездо, оборудование, заглушка, контакт и др.

Электрическое соединение трехмерных компонентов осуществляется в модуле Electrical Assembly Design. При создании такого соединения между двумя электрически определенными компонентами возникает два типа связей:

- 1) электрическая — обеспечивающая прохождение сигнала от одного компонента к другому через созданное соединение;
- 2) механическая — стандартная связь (constraint), используемая при создании сборок в модуле Assembly Design.

Помимо описанных возможностей, в ELB имеются функции по работе с каталогами проводов и электрических устройств. Эти функции позволяют помещать электрические компоненты в каталоги, а впоследствии доставать эти компоненты из этих каталогов и размещать их в общей сборке с возможностью автоматического создания электрических соединений.

Средствами, предоставляющими пользователю возможность по созданию физической реализации объемных жгутов в контексте трехмерной модели, являются работающие в паре модули Electrical Harness Installation и Electrical Harness Assembly. Первый из них отвечает за создание каждого конкретного сегмента жгута по набору расположенных в пространстве модели точек, а также за определение таких параметров, как диаметр сегмента, минимальный радиус изгиба, величина провисания сегмента. С помощью второго модуля можно управлять созданными сегментами и создавать электрическое соединение между оконечностью конкретного сегмента жгута и электрическим компонентом.

При создании трехмерной реализации электрического жгута не всегда можно заранее определить, какой диаметр будет иметь тот или иной отдельный сегмент, поскольку этот диаметр в итоге будет зависеть от диаметра проводов, входящих в сегмент. Модуль Electrical Wire Routing на основе имеющейся информации о подключениях (из XML-файла) позволяет осуществить внутри жгута разводку проводов между единицами оборудования. Затем диаметры этих жгутовых сегментов будут автоматически изменены до нужного размера в соответствии с диаметрами проводов, вошедших в эти сегменты.

Модуль Electrical Harness Flattening представляет собой инструмент, который помогает пользователю разрабатывать чертежи на созданный в контексте трехмерной модели электрический жгут. Если говорить точнее, то с помощью инструментария данного модуля можно разложить объемный жгут на плоскость. При этом имеется возможность спрямлять отдельные сегменты, поворачивать сегмент относительно выбранной точки, вводить скругления в спрямленный сегмент, изменять длину сегментов посредством введения фиктивной длины [13].

Интерфейс пользователя в CATIA V5 представлен на рисунке 10.

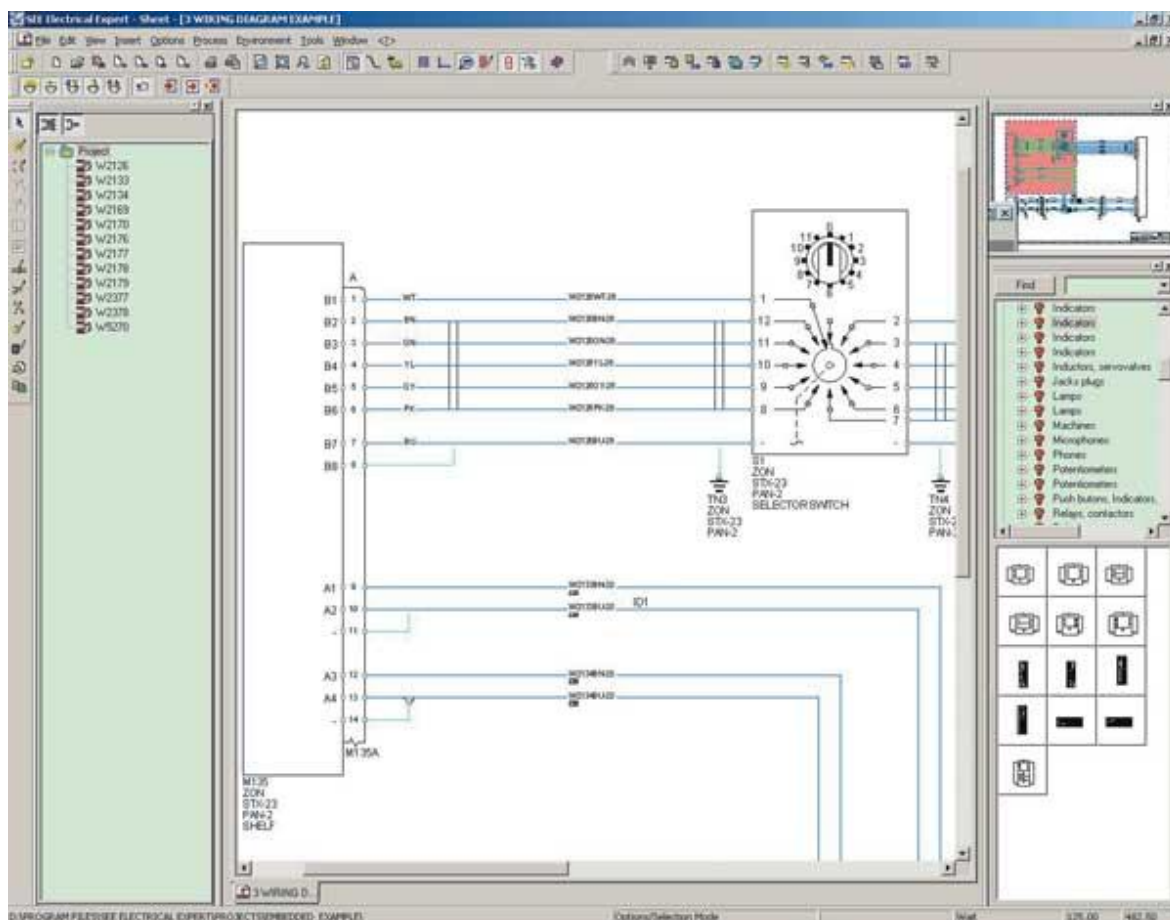


Рисунок 10 – Интерфейс пользователя в CATIA V5

Таким образом, на современном рынке автоматизированных систем существуют три группы САПР, в которых возможно оформление схемной документации при разработке схем электрических принципиальных:

1. САПР печатных плат;
2. САПР электротехнических устройств;
3. САПР машиностроения.

В зависимости от задач проектирования определяется выбор САПР, который обеспечит повышение качества и одновременно сокращение сроков разработки технической документации проекта.

2 Информационное сопровождение разработки принципиальных электрических схем

2.1 Стандартные функциональные возможности OrCAD Capture CIS Lite

Формирование принципиальной электрической схемы в OrCAD Capture CIS Lite начинается с создания нового проекта и последующей разработки библиотеки символов элементов во встроенном редакторе схем.

Для того чтобы создать новый проект, необходимо выполнить следующую последовательность команд: File → New → Project. После чего появляется диалоговое окно с параметрами создаваемого проекта. В поле Name указывается имя нового проекта, в поле Location – путь, по которому будет располагаться проект, параметр Create a New Project Using указывает тип проекта. Вид окна нового проекта (New Project) показан на рисунке 11.

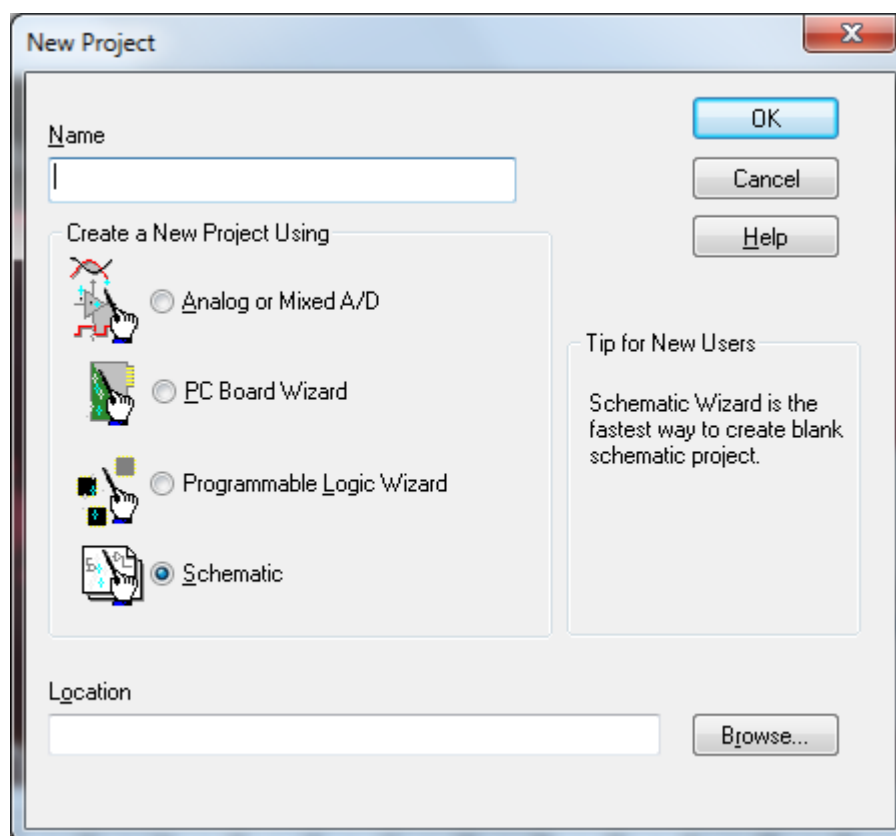


Рисунок 11 – Диалоговое окно New Project

При нажатии кнопки «OK» в левой части экрана появляется окно, отображающее структуру проекта. Структура содержит папку Design Resources, где располагается файл проекта с расширением .dsn, а также папки Library, Outputs и Referenced Projects, в которых хранятся используемые проектом библиотеки и выходные файлы.

Дерево проекта изображено на рисунке 12.

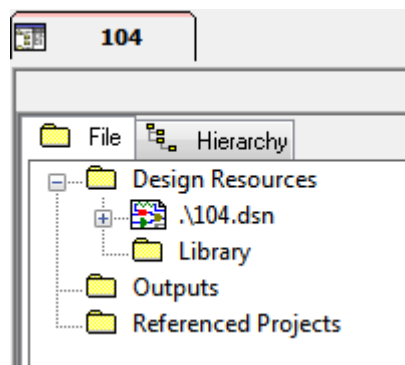


Рисунок 12 – Структура проекта

Для создания библиотеки элементов принципиальной электрической схемы в редакторе схем OrCAD Capture CIS Lite необходимо выполнить следующую последовательность команд: File → New → Library. После чего в структуре проекта отобразится файл с расширением .olb. При нажатии правой кнопкой мыши на созданную библиотеку появится диалоговое окно, которое содержит команду создания нового элемента (New Part). После нажатия кнопки «ОК» появится окно с задаваемыми параметрами элемента (New Part Properties). В поле Name указывается имя элемента, в поле Part Reference Prefix – позиционное обозначение в соответствии с ГОСТ, в PCB Footprint – имя корпуса, соответствующее имени элемента. В поле Parts per Pkg указывается количество логических элементов в корпусе. Части могут быть одинаковыми (Homogeneous) и разными (Heterogeneous), а нумерация частей – буквенная (Alphabetic) или числовая (Numeric). С помощью функции Pin Number Visible можно сделать номера пинов видимыми. В нижней части окна отображается путь, по которому расположена библиотека с соответствующими элементами.

Вид окна с настройками параметров нового элемента представлен на рисунке 13.

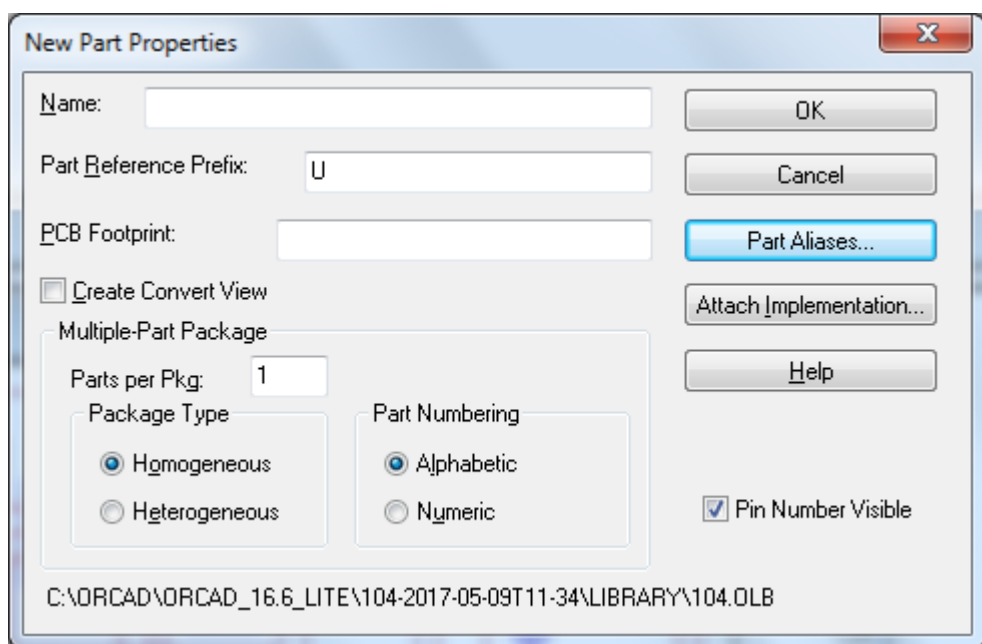


Рисунок 13 – Диалоговое окно New Part Properties

После нажатия кнопки «ОК» появляется страница с заготовкой будущего элемента, включающая в себя границы элемента и буквенно-числовые обозначения, а также сетка. Рекомендуется установить размер шага сетки равный 5 мм, а также в настройках Options → Preferences → Grid Display установить галочку возле параметра Pointer snap to grid, что позволит привязать указатель к узлам сетки и не выйти за границы требуемых размеров элемента. Создание элемента выполняется строго в соответствии с условно-графическими обозначениями элементов принципиальных электрических схем, указанными в ГОСТах (Приложение А).

Справа располагается панель инструментов и содержит основные функции, такие как: Select (Выбрать), Place line (Прямая), Place rectangle (Прямоугольник), Place arc (Дуга), Place pin (Пин), Place text (Текст) и др.

Если элемент состоит из нескольких разных частей, для его редактирования необходимо в меню выбрать вкладку View → Package, затем произвести двойное нажатие левой кнопкой мыши по той части, в которую будут вноситься изменения.

Для того чтобы сохранить новый элемент, необходимо нажать на значок дискеты в левом верхнем углу или использовать комбинацию клавиш Ctrl+S.

После того, как библиотека символов элементов будет заполнена, можно перейти к разработке принципиальной электрической схемы.

Принципиальная схема должна быть максимально компактной, но при этом хорошо читаемой. Именованение и нумерация элементов в схеме производится слева направо и сверху вниз. Линии и связи между элементами необходимо по возможности выравнивать и не допускать большого количества

пересечений между ними. Формат листа выбирается исходя из размеров принципиальной схемы таким образом, чтобы схема занимала большую часть страницы с учётом наличия на странице чертёжной рамки.

Формирование схемы осуществляется на листе, который располагается в папке SCHEMATIC и по умолчанию имеет название PAGE1. Вид нового листа схемы изображен на рисунке 14.

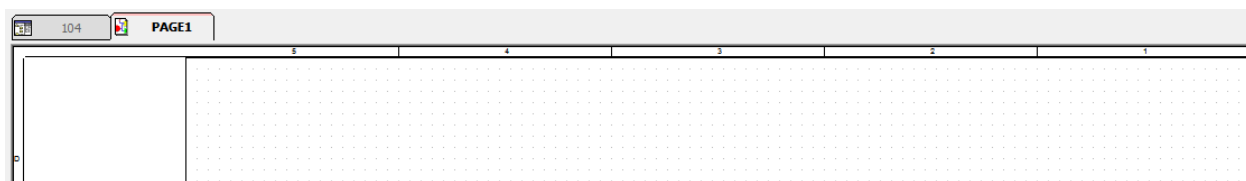


Рисунок 14 – Лист для создания принципиальной электрической схемы

В первую очередь необходимо разместить все созданные ранее элементы из библиотеки символов. Размещение компонентов на схеме производится с помощью панели инструментов, расположенной в правой части экрана, которая включает в себя множество функций. Панель инструментов изображена на рисунке 15.



Рисунок 15 – Панель инструментов для формирования схемы

Для добавления компонента на схему необходимо нажать значок «Элемент библиотеки», затем в появившемся окне осуществить поиск элемента по его наименованию, расположению в библиотеке или выбрать из списка ниже. В разделе Packaging производится выбор частей компонента, если он является составным. При выборе элемента в левом нижнем углу появляется его графическое изображение, что позволяет избежать ошибки при добавлении элемента на схему. Окно добавления нового элемента представлено на рисунке 16.

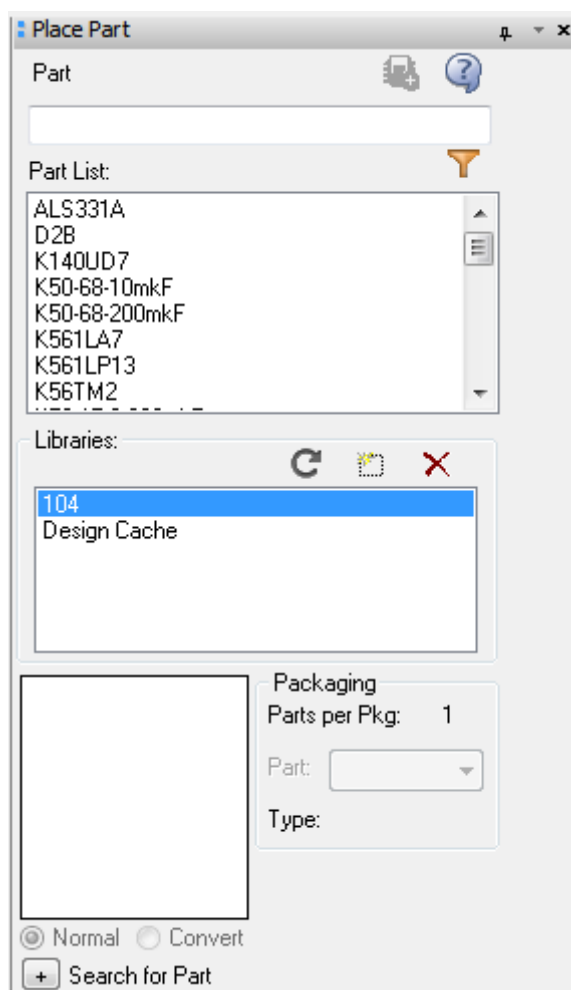


Рисунок 16 – Окно добавления нового элемента

После выбора необходимого элемента и нажатия кнопки «ОК», пользователь снова возвращается на страницу с принципиальной схемой. При этом становится активным режим размещения элемента на странице: вместо курсора на экране при его перемещении отображается контур выбранного элемента. Переместив данный контур элемента в нужное место принципиальной схемы, необходимо нажать левую кнопку мыши, чтобы закрепить элемент на выбранном месте. Режим размещения элемента остаётся активным до тех пор, пока пользователь не нажмёт кнопку esc, либо не вызовет правой кнопкой мыши контекстное меню и не выберет команду End Mode.

Произвести все электрические соединения между элементами можно с помощью нажатия на значок «Провод» на панели инструментов справа, также данный режим соединения можно вызвать нажатием кнопки «W» на клавиатуре. Выйти из режима соединения можно с помощью кнопки esc, либо через контекстное меню посредством вызова команды End Mode.

Кроме этого, редактор схем содержит такие стандартные функции, как: Копировать/ Вставить (Copy/ Past), Вырезать (Cut), Удалить (Delete), Отразить по вертикали/ горизонтали (Mirror Vertically/ Horizontally), Повернуть (Rotate), Увеличить/ Уменьшить (Zoom In/ Zoom Out) и др. Эти функции содержатся в контекстном меню, которое можно вызвать, нажав на какой-либо элемент правой кнопкой мыши.

Сохранить оформленную принципиальную электрическую схему можно путём нажатия на значок дискеты в левом верхнем углу экрана, либо воспользоваться комбинацией клавиш Ctrl+S.

Вид листа с оформленной принципиальной электрической схемой представлен на рисунке 17.

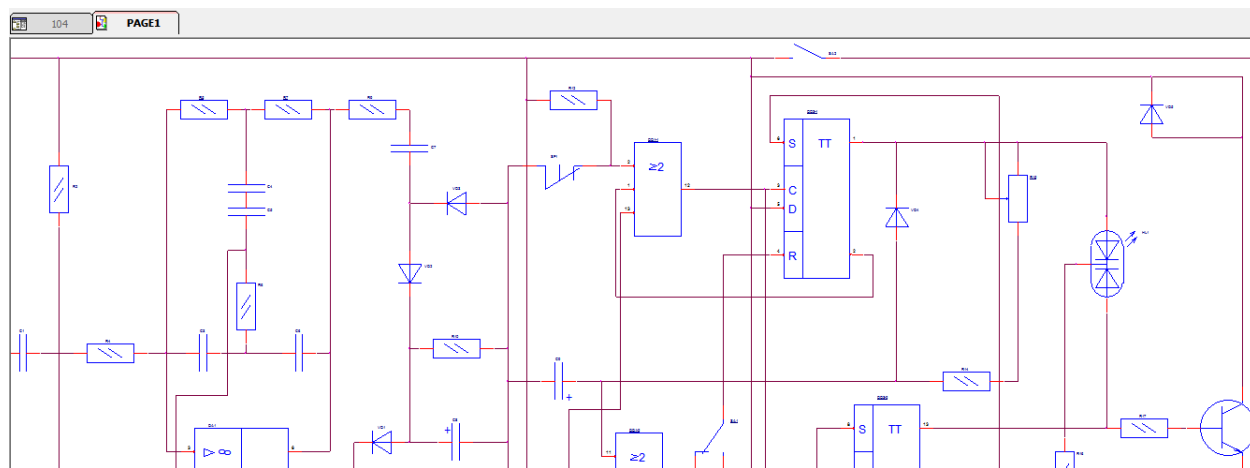


Рисунок 17 – Вид листа с принципиальной электрической схемой

В стандартные функции редактора схем OrCAD Capture CIS Lite также входит возможность формирования списка соединений принципиальной электрической схемы. Для этого необходимо выбрать лист с исходной схемой в дереве проекта, затем во вкладке Tools главного меню выбрать пункт Create Netlist. В появившемся диалоговом окне можно выбрать формат генерируемого списка соединений, а также пути сохранения выходных файлов. На рисунке 18 представлен вид окна, содержащего список выводов элементов принципиальной электрической схемы.


```

1: +9V      SA2('2) XP1('3);
2: GND      R1('2) R3('1) DA1('4) C2('1) C5('2) R6('2) R10('2) VT1('2),
3:          VD3('2) C8('2) DD1('13) DD1('7) SF1('1) C9('1) R13('1) DD3('7),
4:          DD3('6) DD2('7) DD3('8) R16('1) XP1('1) XS1('2) VT2('2);
5: N06149   R2('1) R3('2) DA1('2) C2('2);
6: N06355   C3('2) C6('1) R6('1);
7: N06590   DA1('3) R4('2) C3('1) R5('1);
8: N06967   R8('1) VT1('1);
9: N06971   R11('1) VT1('3) DD2('9);
10: N07261  R9('2) C7('2);
11: N07521  R8('2) VD1('1);
12: N08364  R1('3) C1('1);
13: N08507  C4('2) C5('1);
14: N09196  R10('1) VD1('2) VD2('1) C8('1);
15: N10741  DD1('12) DD3('3) DD3('11);
16: N10745  DD1('1) DD3('2);
17: N11357  DD1('4) DD1('6) R13('2) C10('2);
18: N11430  DD1('10) DD1('5) SA1('3);
19: N11535  DD3('4) SA1('2);
20: N11760  DD1('8) DD2('12) DD2('13);
21: N11814  DD2('11) DD2('8);
22: N12165  DD2('10) DD3('10);
23: N12614  DD3('13) R17('1) HL1('1);
24: N12678  R14('2) R15('1);
25: N12739  DD1('11) C9('2) VD4('2) R14('1);
26: N16125  DD1('2) SF1('2) R12('2);
27: N26953  R1('1) XS1('1);
28: N44024  R17('2) VT2('1);
29: N45549  C4('1) R5('2) R7('1);
30: N45559  DA1('6) C6('2) R9('1) R7('2);
31: N50682  C1('2) R4('1);
32: N51765  DD3('1) VD4('1) HL1('2) R15('2) R15('3);
33: N51872  R16('2) HL1('3);
34: N52854  C7('1) VD2('2) VD3('1);
35: PWR     R2('2) DA1('7) R11('2) DD1('14) DD1('3) DD1('9) C10('1) DD3('14),
36:          DD3('5) DD2('14) DD3('9) VD5('1) VD5('2) XP1('2) R12('1) SA1('1),
37:          SA2('1) VT2('3);
38:

```

Рисунок 18 – Список выводов элементов схемы электрической принципиальной

Помимо формирования списка соединений редактор схем позволяет произвести ERC-контроль (Контроль Электрических Правил). На вкладке ERC Matrix устанавливаются правила проверок, которые записываются в виде матрицы Electrical Rules Check. На строках и столбцах матрицы указаны типы выводов компонентов и различных портов: Bidirectional, 3 State, Input, Output, Open Collector, Open Emitter, Passive, Power и др. Незакрашенная ячейка обозначает разрешение соединения соответствующих выводов. Символ W обозначает предупреждение, а символ E — ошибку.

Например, согласно изображённой на рисунке 19 матрице ERC, соединение Output-Input (выход-вход) разрешено, о соединении Open Emitter-Open collector (открытый эмиттер-открытый коллектор) будет выведено предупреждение, а соединение Power-Output (источник питания-выход) будет считаться ошибкой.

Поэтому перед выполнением команды Tools → Design Rules Check необходимо отредактировать содержание матрицы ERC в соответствии с особенностями текущего проекта.

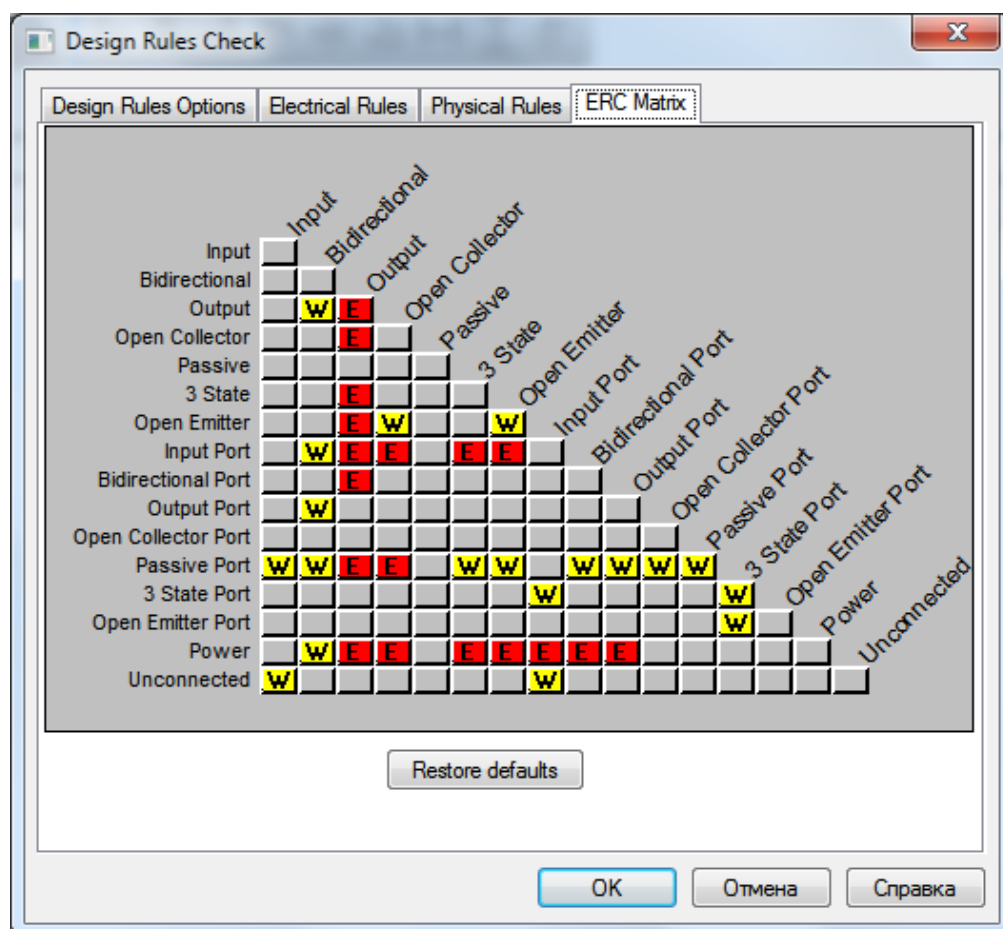


Рисунок 19 – ERC матрица

После настройки всех необходимых параметров и нажатия кнопки «ОК» генерируется отчёт в виде файла с расширением .drc и имеет вид, изображённый на рисунке 20.

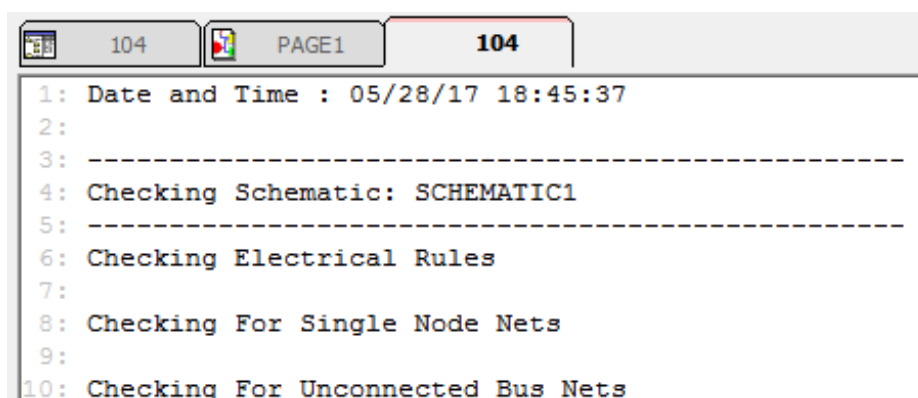


Рисунок 20 – Отчёт DRC-контроля

Как видно из отчёта, схема электрическая принципиальная составлена верно.

2.2 Расширенные функциональные возможности OrCAD Capture CIS Lite

OrCAD Capture CIS Lite обладает широким спектром возможностей для создания и редактирования принципиальных схем. Кроме стандартных функций, входящих в состав редактора, он включает в себя такие функции, как создание собственных электрических правил, поиск компонентов, прямое копирование данных из Datasheet, создание символа из файла с описанием выводов и др.

Для создания собственных правил необходимо на вкладке Electrical Rules, изображённой на рисунке 21, выбрать опцию Configure Custom DRC, после чего откроется окно с описанием дополнительных правил проверки.

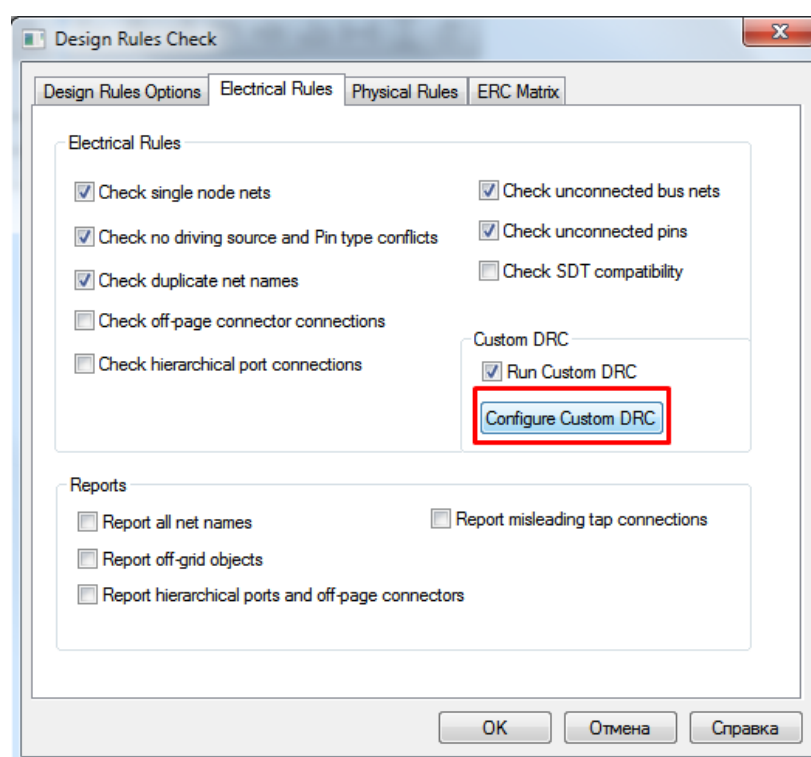


Рисунок 21 – Окно настройки ERC

Для примера попробуем установить галочки напротив дополнительных правил: Hanging Wires и Overlapping Wires (рисунок 22).

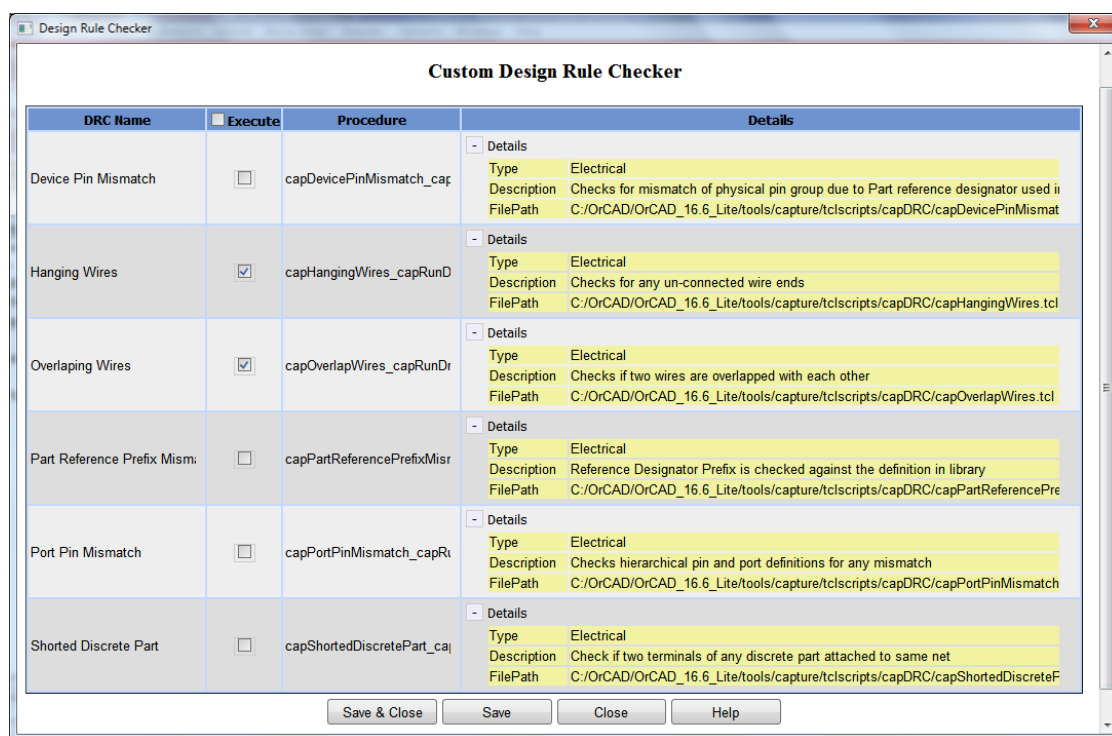


Рисунок 22 – Диалоговое окно пользовательской настройки DRC

После выбора дополнительных правил необходимо нажать Save & Close, после чего появится результат проверки. Как видно из отчёта, представленном на рисунке 23, в результате проверки появилось несколько предупреждений (Hanging Wires).

```

*****
*
* Design Rules Check
*
*****

Checking Schematic: SCHEMATIC1

Checking Electrical Rules

Checking For Single Node Nets

Checking For Unconnected Bus Nets

Checking for Hanging Wires


WARNING(ORCAP-2354): Warning Detected By Custom DRC : Wire {256.0,85.0:259.0,85.0} is hanging at Point { 259.0, 85.0 } on PAGE=PAGE1 in SCHEMATIC=SCHEMATIC1
WARNING(ORCAP-2354): Warning Detected By Custom DRC : Wire {203.9,24.0:204.0,24.0} is hanging at Point { 203.9, 24.0 } on PAGE=PAGE1 in SCHEMATIC=SCHEMATIC1
WARNING(ORCAP-2354): Warning Detected By Custom DRC : Wire {256.0,39.9:256.0,39.9} is hanging at Point { 256.0, 39.9 } on PAGE=PAGE1 in SCHEMATIC=SCHEMATIC1
WARNING(ORCAP-2354): Warning Detected By Custom DRC : Wire {249.5,50.0:250.0,50.0} is hanging at Point { 250.0, 50.0 } on PAGE=PAGE1 in SCHEMATIC=SCHEMATIC1
WARNING(ORCAP-2354): Warning Detected By Custom DRC : Wire {107.0,29.0:106.9,29.0} is hanging at Point { 106.9, 29.0 } on PAGE=PAGE1 in SCHEMATIC=SCHEMATIC1

Checking for Overlapping Buses and Wires

```

Рисунок 23 – Отчёт DRC-контроля после установки дополнительных правил

Одним из удобных инструментов работы с принципиальной электрической схемой является возможность поиска компонентов по различным свойствам. Например, по посадочному месту, наименованию, номиналу и т.д. Набор свойств для поиска неограничен.

Поиск осуществляется посредством записи логических выражений в поисковую строку, которая располагается в верхней правой части экрана. Рядом находится значок , нажав на который, раскрывается список параметров, с

помощью которых можно настроить параметры поиска и отображения компонентов схемы. Чтобы использовать логические выражения для поиска, а также для выделения найденных элементов другим цветом, необходимо установить в выпадающем списке следующие параметры (рис. 24):

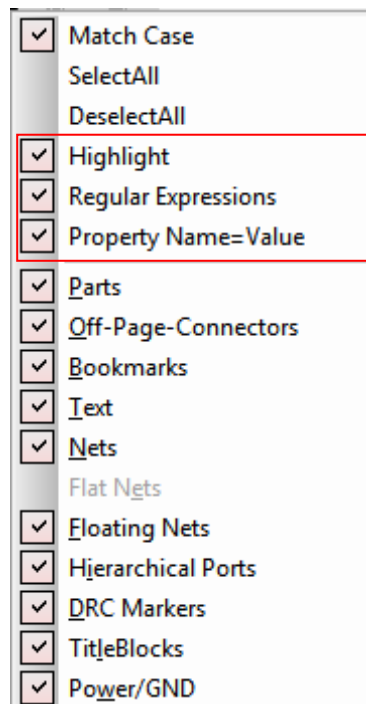


Рисунок 24 – Список параметров поисковой строки

Выражение для поиска всех компонентов принципиальной электрической схемы, у которых позиционные обозначения содержат буквы R и C, а также имеют нумерацию с 1 до 6, будет записываться следующим образом:

$$Part\ Reference = (R/C)[1-6] \quad (1)$$

Результат поиска изображён на рисунке 25. На схеме пунктиром выделены все элементы, которые имеют в своем позиционном обозначении буквы R и C, а также нумерацию 1-6:

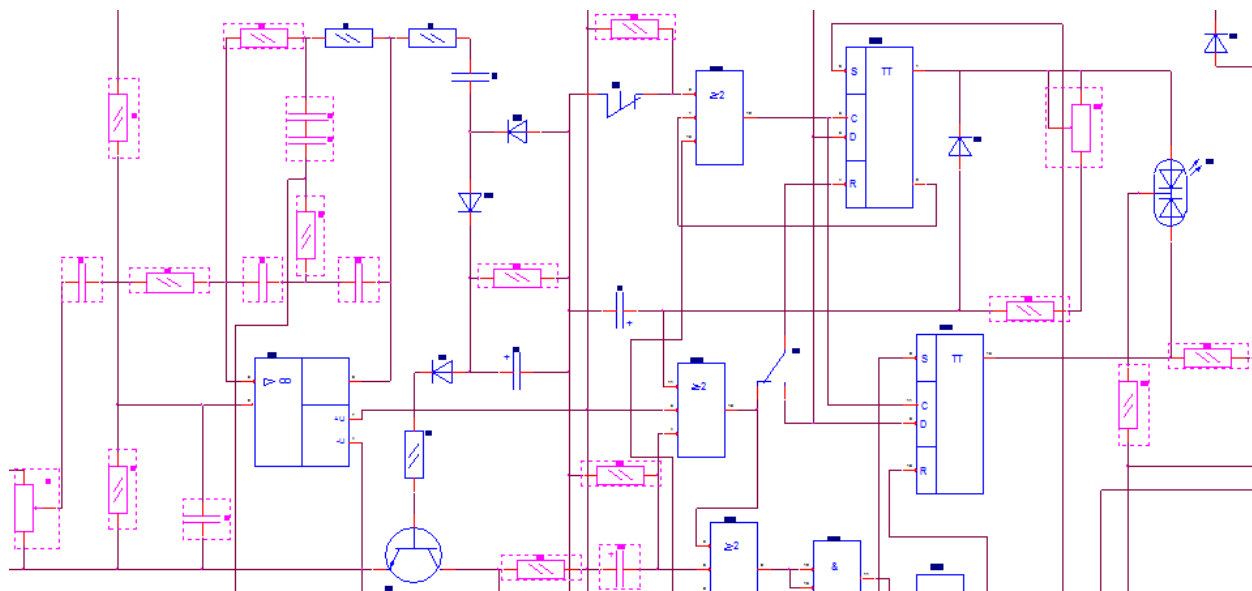


Рисунок 25 – Результат поиска элементов схемы

Кроме этого, в нижней части экрана появляется окно, отображающее все найденные элементы в виде структурированного списка, учитывающего как основные параметры элементов, так и их координаты расположения на схеме. Список элементов представлен на рисунке 26.

Reference	Value	Source Part	Source Library	Page	Page Number	Schematic	Zone	Location X-Coordinate	Location Y-Coordinate
C1	K73-17-0.068mkF	K73-17-0_0.068...	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	5C	235	650
C2	K73-17-0.068mkF	K73-17-0_1.068...	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	5B	460	1185
C3	KM5-36pF	KM5-36pF_0	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	4C	620	650
C4	KM5-36pF	KM5-36pF_0	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	4D	680	330
C5	KM5-36pF	KM5-36pF_1	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	4D	680	380
C6	KM5-36pF	KM5-36pF_0	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	4C	825	650
C10	K50-68-10mkF	K50-68-10mkF_1	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	3B	1380	1260
R1	SP3-4M-10k	SP3-4M-10k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	5B	100	1120
R2	MLT_0.125-120k	MLT_0.125-120k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	5D	300	290
R3	MLT_0.125-120k	MLT_0.125-120k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	5B	300	1080
R4	MLT_0.125-10k	MLT_0.125-10k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	5C	380	670
R5	MLT_0.125-100k	MLT_0.125-100k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	4D	580	150
R6	MLT_0.125-51k	MLT_0.125-51k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	4C	700	540
R10	MLT_0.125-8.2k	MLT_0.125-8.2k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	4C	1120	660
R11	MLT_0.125-22k	MLT_0.125-22k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	3B	1170	1280
R12	MLT_0.125-100k	MLT_0.125-100k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	3D	1370	130
R13	MLT_0.125-100k	MLT_0.125-100k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	3B	1340	1080
R14	MLT_0.125-100k	MLT_0.125-100k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	2C	2210	730
R15	SP3-4M-1M	SP3-4M-1M	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	2D	2330	310
R16	MLT_0.125-1.3k	MLT_0.125-1.3k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	1C	2450	900
R17	MLT_0.125-27k	MLT_0.125-27k	C:\ORCAD\O...	PAGE1	1	SCHEMATIC1	1C	2590	830

Рисунок 26 – Список найденных элементов

Выражение для поиска компонентов, наименования посадочных мест которых начинаются с «K50»:

$$PCB\ Footprint = K50* \quad (2)$$

В результате поиска было найдено 15 элементов, наименования посадочных мест которых начинаются с «K50». Результат поиска изображён на рисунке 27.

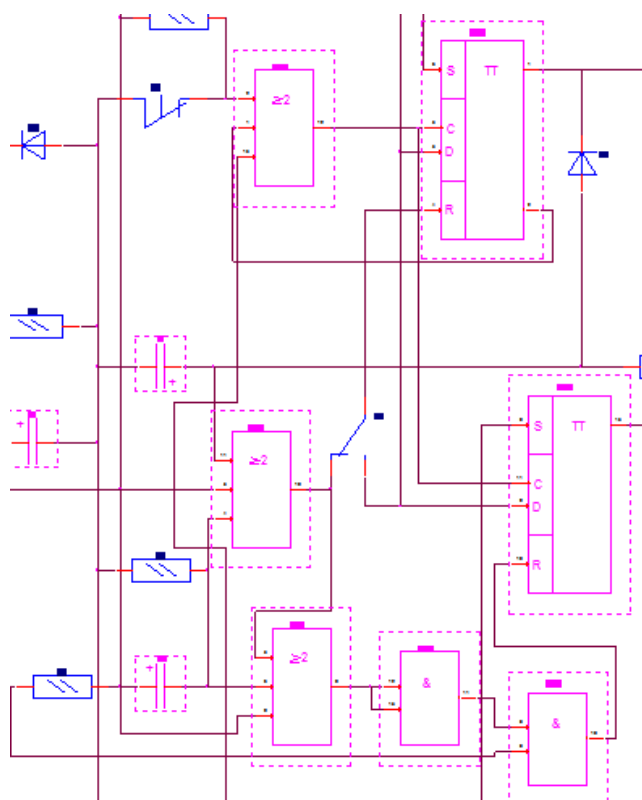


Рисунок 27 – Результат поиска компонентов по посадочному месту

Редактор схем OrCAD Capture CIS Lite позволяет создавать новые компоненты схемы с помощью таблиц. Этот способ очень удобен при необходимости создания многовыводного и многосекционного компонента. Его преимущество перед ручным способом состоит в том, что вся информация о выводах может быть скопирована в таблицу OrCAD Capture непосредственно из технического описания – Datasheet компонента через буфер обмена ОС. Для сортировки данных на промежуточном этапе можно воспользоваться табличным редактором MS Excel. После внесения всей информации о выводах в таблицу компонент будет автоматически создан в существующей библиотеке. Его свойства и графику затем можно отредактировать вручную [14].

Для создания нового компонента потребуется Datasheet с таблицей описания выводов элемента. Datasheet традиционно имеет формат PDF и открывается программой Acrobat Reader. Необходимо скопировать таблицу в буфер обмена, а затем поместить в MS Excel, как это показано на рисунке 28.

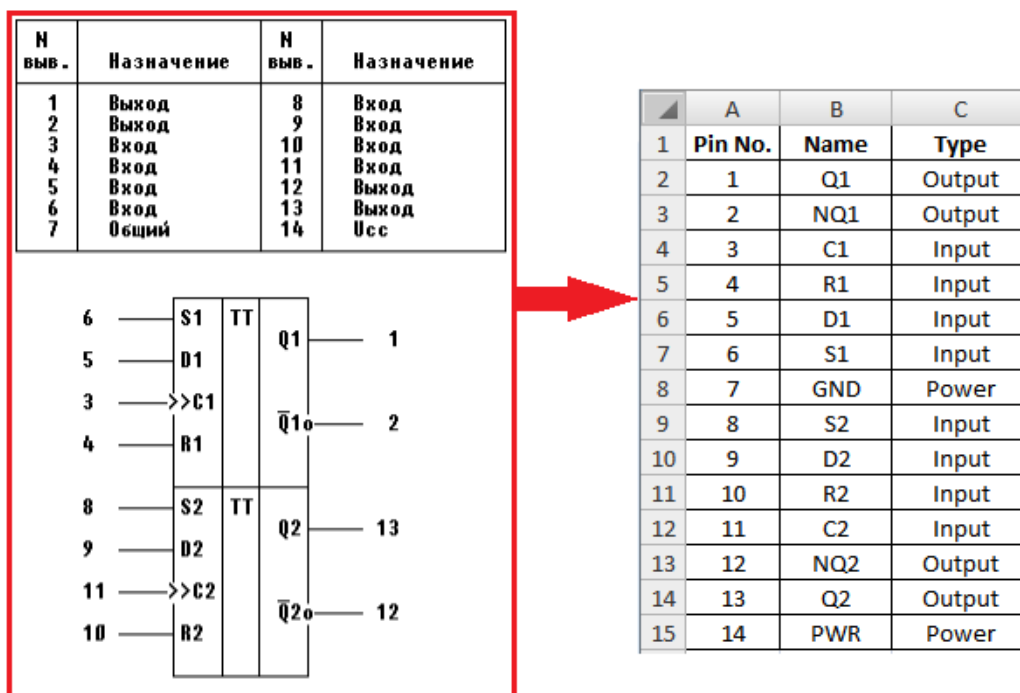


Рисунок 28 – Сортировка данных из Datasheet в MS Excel

Следующим шагом будет создание таблицы компонента в OrCAD Capture. Для этого в дереве проекта выбрать библиотеку и нажать правой кнопкой мыши, в контекстном меню выбрать New Part From Spreadsheet. Из MS Excel с помощью комбинации клавиш Ctrl+C необходимо скопировать содержимое ячеек, а с помощью комбинации Ctrl+V вставить данные в появившееся диалоговое окно OrCAD Capture. После этого необходимо заполнить оставшиеся поля и нажать Save. Окно с таблицей выводов нового элемента представлено на рисунке 29.

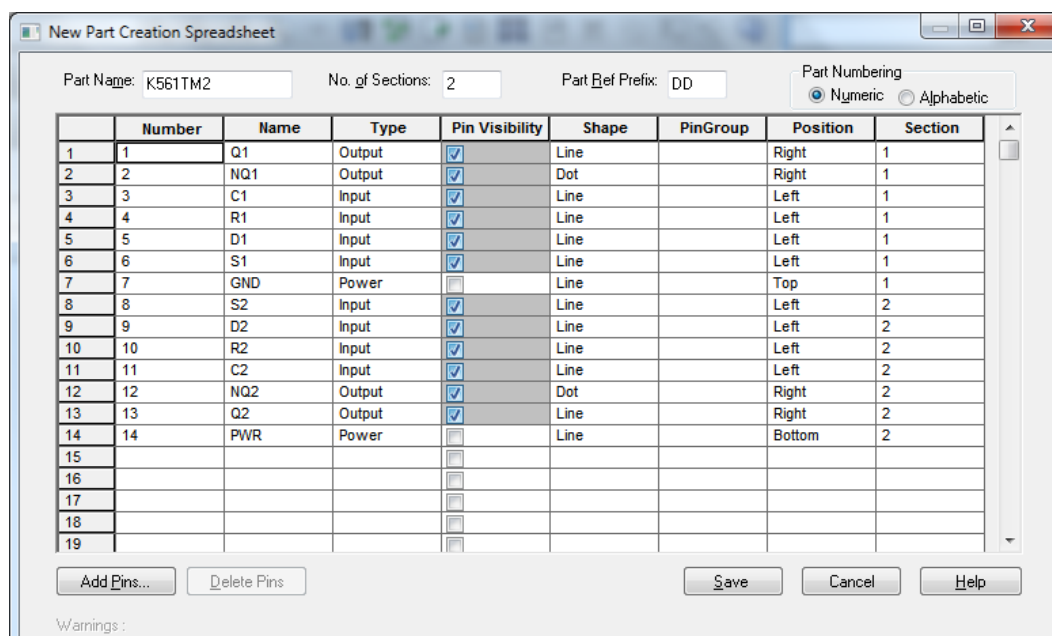


Рисунок 29 – Данные из Datasheet в OrCAD Capture CIS Lite

Вид готового символа в OrCAD Capture CIS Lite представлен на рисунке 30. Так как элемент состоит из двух секций, для их просмотра и редактирования необходимо воспользоваться функцией View → Package.

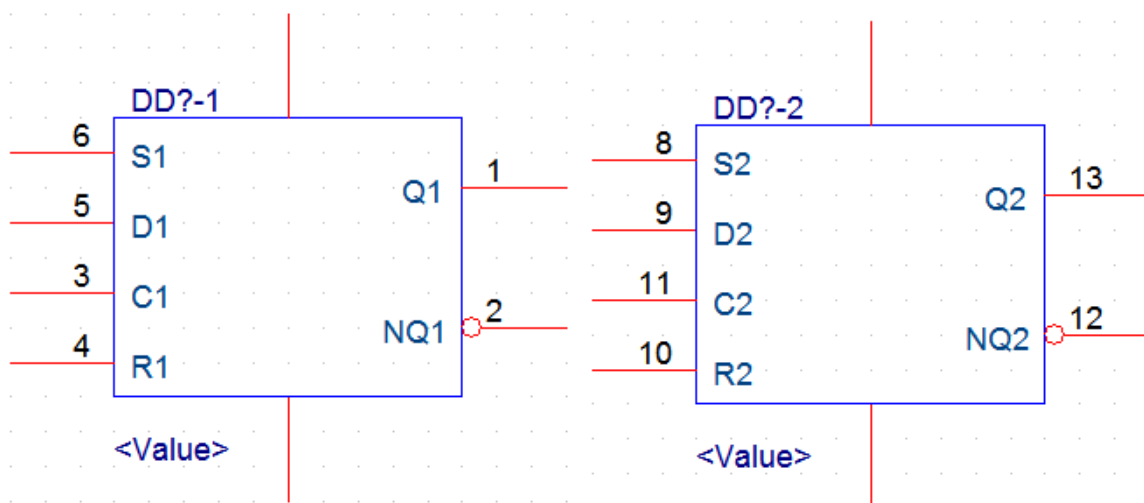


Рисунок 30 – Результат создания нового компонента с помощью New Part From Spreadsheet

2.3 Интеграция OrCAD Capture CIS Lite с КОМПАС

Для передачи данных из OrCAD Capture в САПР КОМПАС-3D в первую очередь необходимо сформировать файл с расширением .DXF. Чтобы получить такой файл, в дереве проекта необходимо выбрать исходную принципиальную схему, два раза щёлкнуть по ней левой кнопкой мыши, а затем в меню File выбрать команду Export Design. Появится окно, изображённое на рисунке 31.

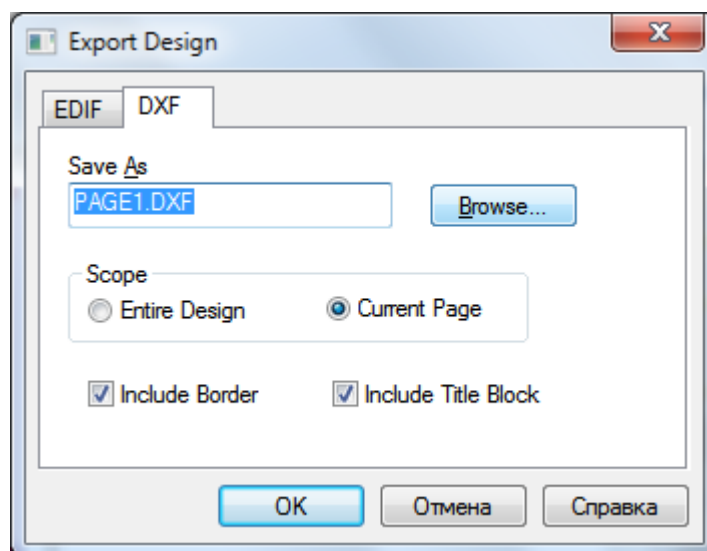


Рисунок 31 – Диалоговое окно Export Design

После нажатия кнопки «ОК» в папке с проектом появится файл с расширением .DXF. Далее необходимо открыть данный файл в машиностроительной САПР КОМПАС-3D. Полученная схема представлена на рисунке 32.

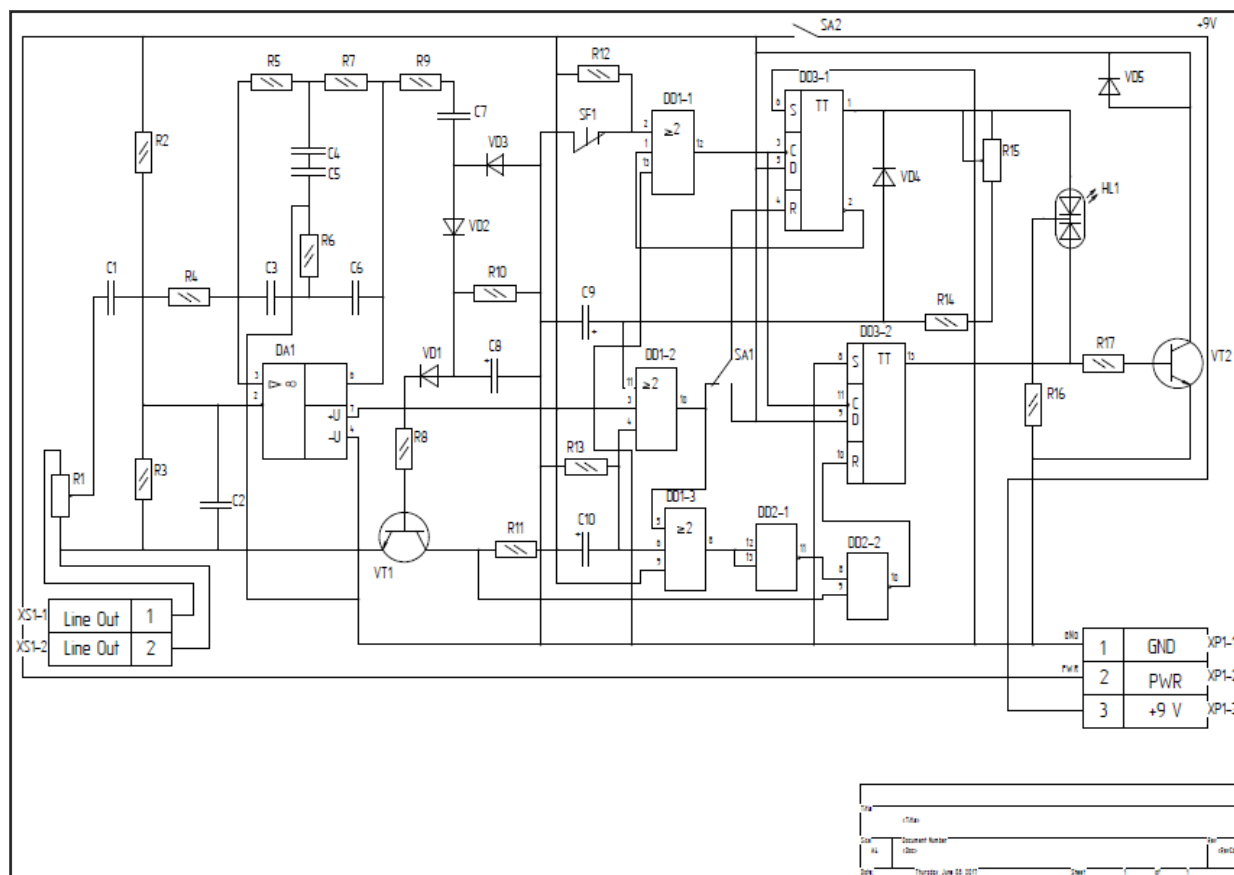


Рисунок 32 – Принципиальная электрическая схема в КОМПАС-3D

Далее необходимо оформить данную схему в виде чертежа. Для этого нужно удалить рамку, а затем поместить фрагмент схемы на чертёж и заполнить основную надпись в соответствии с ГОСТ 2.108-68. Вид чертежа представлен на рисунке 33.

Start Page		104	PAGE1	104.bom
12: Item	Quantity	Reference	Part	
13:				
14:				
15: 1	3	C1,C2,C7	K73-17-0.068mkF	
16: 2	4	C3,C4,C5,C6	KM5-36pF	
17: 3	2	C8,C10	K50-68-10mkF	
18: 4	1	C9	K50-68-200mkF	
19: 5	1	DA1	K140UD7	
20: 6	1	DD1	K561LP13	
21: 7	1	DD2	K561LA7	
22: 8	1	DD3	K56TM2	
23: 9	1	HL1	ALS331A	
24: 10	1	R1	SP3-4M-10k	
25: 11	2	R2,R3	MLT_0.125-120k	
26: 12	1	R4	MLT_0.125-10k	
27: 13	5	R5,R7,R12,R13,R14	MLT_0.125-100k	
28: 14	1	R6	MLT_0.125-51k	
29: 15	1	R8	MLT_0.125-56k	
30: 16	1	R9	MLT_0.125-2.2k	
31: 17	1	R10	MLT_0.125-8.2k	
32: 18	1	R11	MLT_0.125-22k	
33: 19	1	R15	SP3-4M-1M	
34: 20	1	R16	MLT_0.125-1.3k	
35: 21	1	R17	MLT_0.125-27k	
36: 22	1	SA1	RP1-2M040	
37: 23	1	SA2	RP2-2M040	
38: 24	1	SF1	KEM-3	
39: 25	3	VD1,VD4,VD5	KD503A	
40: 26	2	VD2,VD3	D2B	
41: 27	1	VT1	KT315B	
42: 28	1	VT2	KT972A	

Рисунок 34 – Спецификация Bill of materials в OrCAD Capture CIS Lite

Следующим шагом будет передача данного файла в САПР КОМПАС-3D и получение спецификации с помощью прикладной библиотеки «Конвертор eCAD-КОМПАС».

Прикладная библиотека «Конвертор eCAD-КОМПАС» предназначена для получения перечней элементов, спецификаций и ведомостей покупных изделий на изделия электронной техники, разработанные в системах P-CAD (версии 200X), OrCAD (версии 9.X), Protel и Altium Designer, Mentor Graphics, Cadence Allegro.

Чтобы перенести полученный ранее перечень элементов схемы в КОМПАС-3D, необходимо создать документ с перечнем элементов. Сделать это можно создав документ спецификации, после чего нажать на поле документа правой кнопкой мыши, выбрать параметры текущей спецификации, и затем произвести настройку, как показано на рисунке 35.

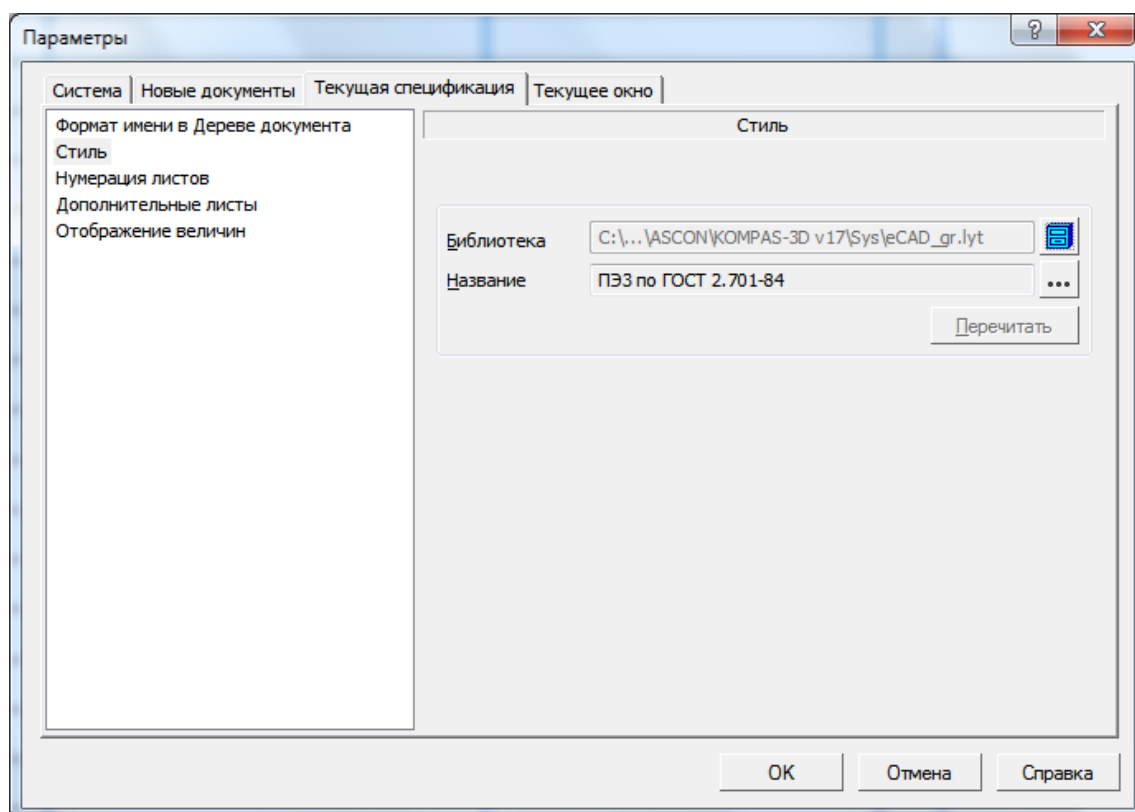


Рисунок 35 – Диалоговое окно параметров спецификации

После нажатия кнопки «ОК» необходимо выбрать в меню вкладку «Приложения → Конвертор eCAD-KOMПАС (текст) → Текстовый конвертор OrCAD-KOMПАС». Последовательность действий для выбора конвертора представлена на рисунке 36.

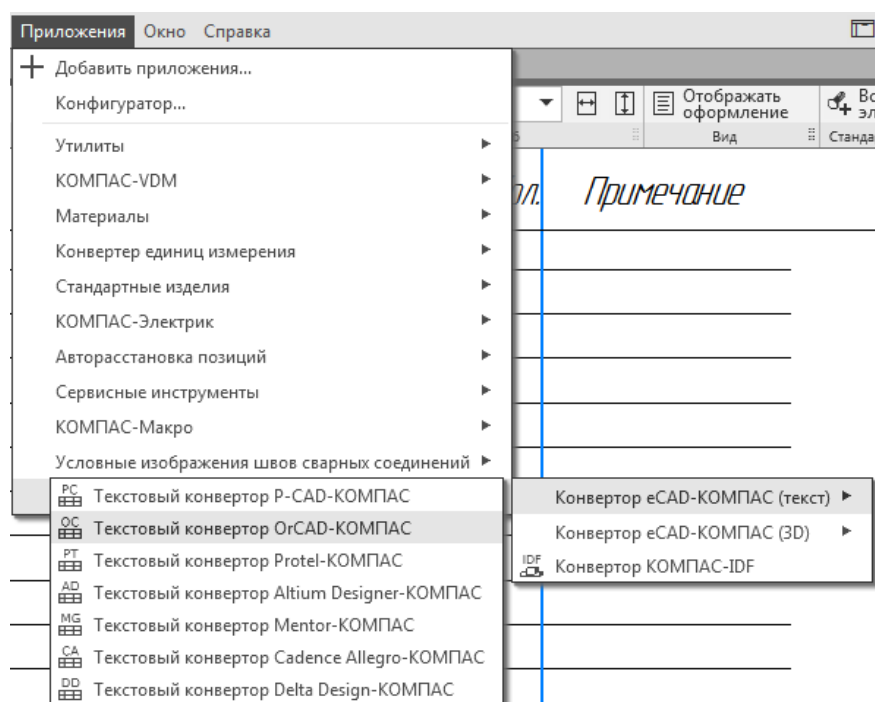


Рисунок 36 – Выбор текстового конвертора

После выбора конвертера появляется пустое диалоговое окно. Чтобы добавить BOM-файл, необходимо нажать меню «Файл → Открыть» и выбрать файл с соответствующим расширением в папке с проектом OrCAD Capture. Затем необходимо произвести настройку полей спецификации путём выполнения команды «Настройка → Шаблоны документов». Настройка шаблонов показана на рисунке 37.

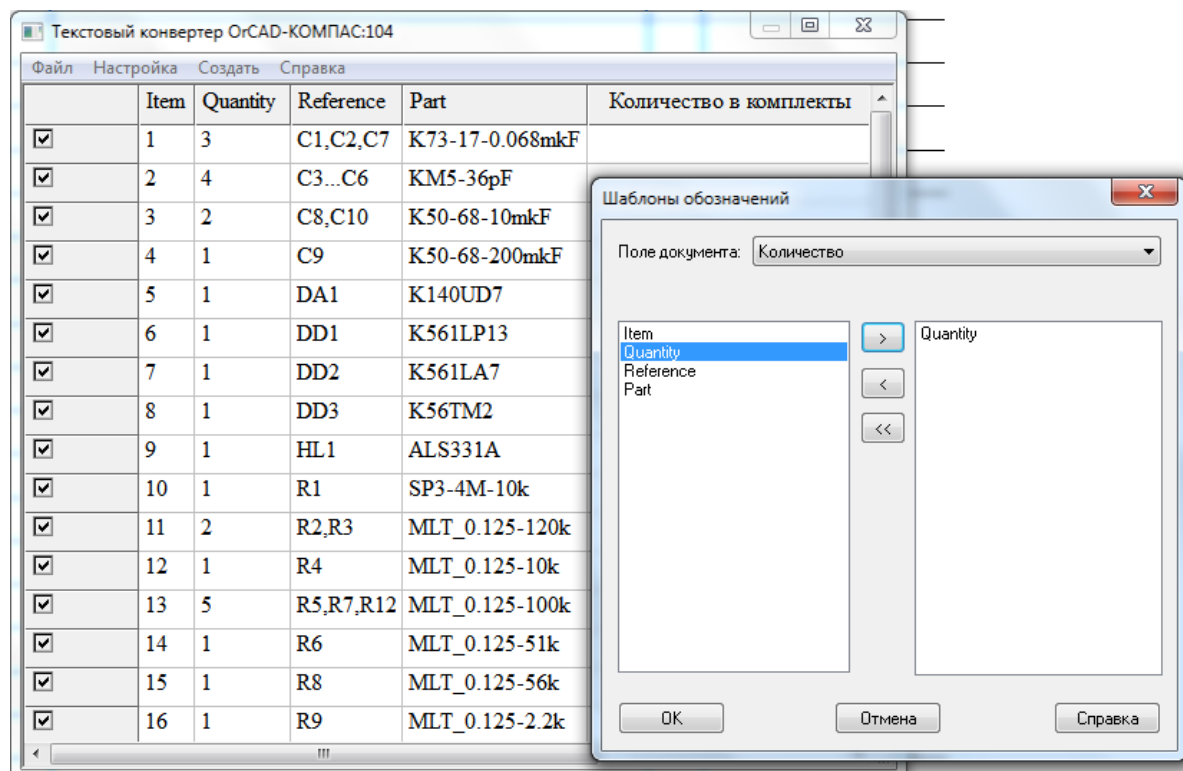


Рисунок 37 – Настройка шаблонов

Затем необходимо нажать «ОК». После этого следует выбрать команду «Создать → Объекты → Перечень элементов → Сортировка по ГОСТ». Далее нужно сохранить полученную спецификацию. Результат формирования перечня элементов по ГОСТ 2.701-84 с помощью конвертора eCAD-КОМПАС представлен в Приложении В.

Методика оформления принципиальных электрических схем:

- 1) формирование библиотеки символов элементов в соответствии с ГОСТ 2.728-74, ГОСТ 2.730-73;
- 2) создание нового компонента на основе данных таблицы выводов элемента;
- 3) формирование схемы электрической принципиальной в соответствии с ГОСТ 2.702-2011;
- 4) формирование файла описания коммутационной схемы с визуальным контролем соединений;
- 5) ERC-контроль; разработка собственных правил ERC-контроля;
- 6) применение инструментов работы с принципиальной электрической схемой: формирование логических выражений для поиска компонентов по различным свойствам;
- 7) формирование BOM-файла;
- 8) интеграция графического редактора схем САПР печатных плат с машиностроительной САПР;
- 9) автоматизация формирования BOM-файла в КОМПАС по ГОСТ 2.701-84 с помощью прикладной библиотеки eCAD-КОМПАС.

Таким образом, была разработана методика оформления схем электрических принципиальных с использованием графического редактора в составе САПР печатных плат и прикладной библиотеки машиностроительной САПР.

3 Возможности ведения базы данных проекта при разработке схемы электрической принципиальной

База данных компонентов должна иметь строгую структуру и содержание, а атрибуты компонентов – соответствовать их техническим описаниям. Это поможет обеспечить точность данных на электрической принципиальной схеме и в перечне элементов. В идеале контроль за ведением и наполнением БД должен вести администратор базы данных, выполняющий широкий круг задач.

Во-первых, это выстраивание взаимодействия разработчиков в рамках единой системы организации библиотек через БД путем предоставления прав доступа. Для каждого пользователя БД должны быть определены права доступа к чтению и записи данных. Зачастую набор атрибутов, которые заполняются схемотехниками, отличается от набора, актуального для заполнения топологами. Администратор должен проверять все данные на предмет их достоверности. Такой подход гарантирует формирование точного перечня элементов и списка цепей со схемы для передачи в редактор топологии.

Во-вторых, это контроль статуса компонентов: инициализирован новый компонент, проходит проверку, разрешен к применению – пример того, как может выглядеть маршрут утверждения компонента для применения в проектах.

В-третьих, необходимо вести историю изменений и контролировать различные версии БД, что особенно актуально, когда права на изменение атрибутов и статуса предоставлены нескольким участникам проектирования. Разработчики должны видеть, кто и когда вносил правки, а значит, несет ответственность за изменения на схеме и плате.

В-четвертых, система БД, с которой работают инженеры, должна взаимодействовать с системой документооборота, где может храниться своя БД компонентов. Эти БД должны быть синхронизированы по всем ключевым атрибутам компонентов. Желательно, чтобы синхронизация выполнялась автоматически и повторялась через заранее установленные промежутки времени. Перечень элементов и спецификация при таком уровне автоматизации всегда будут актуальны текущему состоянию проекта. Если БД подключена к отделу закупок, складу, экономическим отделам, то при поступлении перечня элементов и спецификации в систему документооборота PLM/PDM сразу можно будет увидеть расчеты стоимости проекта, узнать о наличии деталей на складе и необходимости дополнительной закупки недостающих комплектующих. Такая система позволит оптимизировать затраты при проектировании и на производстве. Одновременно повысятся производительность труда и скорость взаимодействия подразделений предприятия [15].

3.1 Формирование базы данных проекта электронного устройства с помощью СУБД Microsoft Access

Ведение базы данных проекта может осуществляться различными способами. Одним из таких способов является создание спецификации Bill of materials и последующая передача данных в реляционную СУБД MS Access.

Для разработанной принципиальной электрической схемы необходимо создать спецификацию Bill of materials. Для этого нужно выбрать исходный проект в дереве проекта (.104.dsn), затем в меню Tools выбрать пункт Bill of materials. После чего появится окно с настройками, изображённое на рисунке 38:

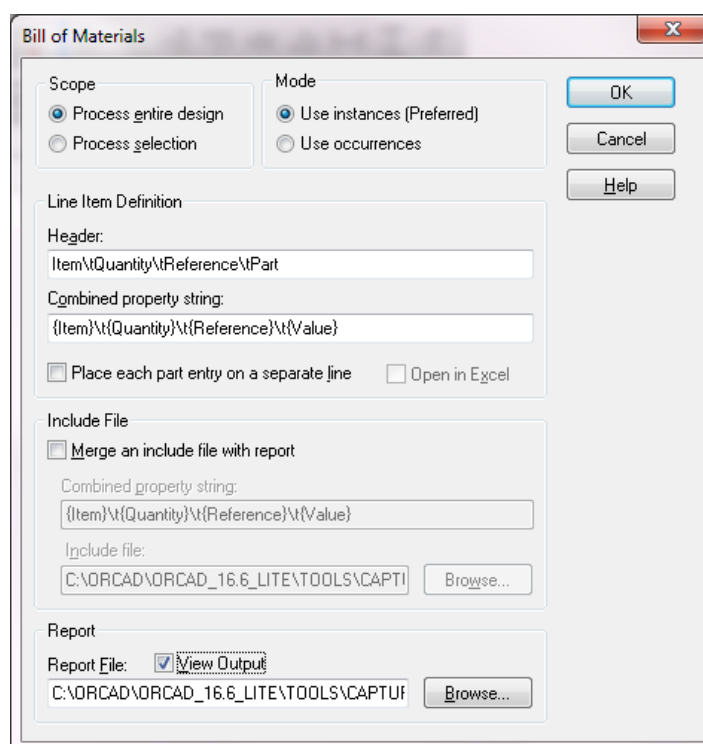


Рисунок 38 – Диалоговое окно Bill of materials

После нажатия кнопки «ОК» сформируется файл со спецификацией в формате .bom, который имеет вид, представленный на рисунке 39.

Start Page		104	PAGE1	104.bom
12: Item	Quantity	Reference	Part	
13:				
14:				
15: 1	3	C1,C2,C7	K73-17-0.068mkF	
16: 2	4	C3,C4,C5,C6	KM5-36pF	
17: 3	2	C8,C10	K50-68-10mkF	
18: 4	1	C9	K50-68-200mkF	
19: 5	1	DA1	K140UD7	
20: 6	1	DD1	K561LP13	
21: 7	1	DD2	K561LA7	
22: 8	1	DD3	K56TM2	
23: 9	1	HL1	ALS331A	
24: 10	1	R1	SP3-4M-10k	
25: 11	2	R2,R3	MLT_0.125-120k	
26: 12	1	R4	MLT_0.125-10k	
27: 13	5	R5,R7,R12,R13,R14	MLT_0.125-100k	
28: 14	1	R6	MLT_0.125-51k	
29: 15	1	R8	MLT_0.125-56k	
30: 16	1	R9	MLT_0.125-2.2k	
31: 17	1	R10	MLT_0.125-8.2k	
32: 18	1	R11	MLT_0.125-22k	
33: 19	1	R15	SP3-4M-1M	
34: 20	1	R16	MLT_0.125-1.3k	
35: 21	1	R17	MLT_0.125-27k	
36: 22	1	SA1	RP1-2M040	
37: 23	1	SA2	RP2-2M040	
38: 24	1	SF1	KEM-3	
39: 25	3	VD1,VD4,VD5	KD503A	
40: 26	2	VD2,VD3	D2B	
41: 27	1	VT1	KT315B	
42: 28	1	VT2	KT972A	

Рисунок 39 – Спецификация Bill of materials в OrCAD Capture

Любой элемент схемы электрической принципиальной в САПР печатных плат имеет множество различных характеристик: начиная с имени компонента или наименования его посадочного места и заканчивая описанием электрических свойств. На рисунке 40 отображены основные параметры, которые описывают компонент схемы в САПР ПП.

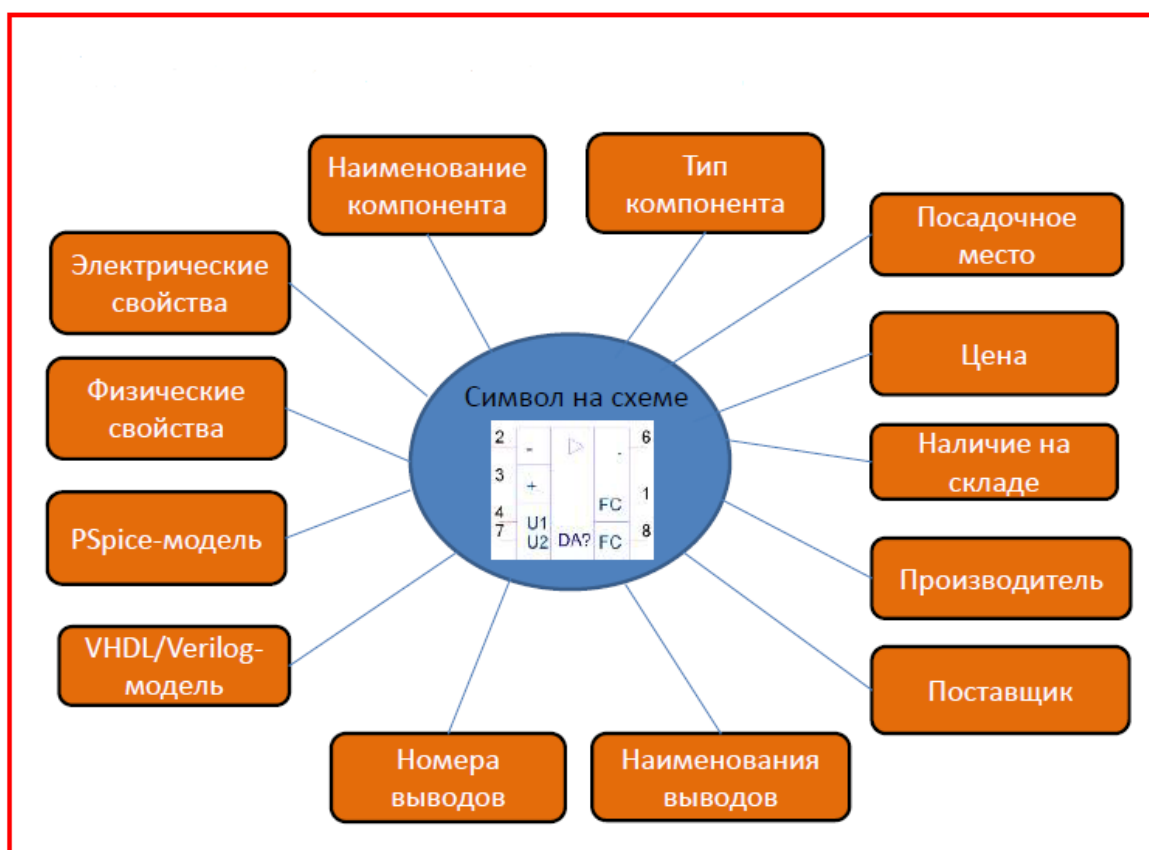


Рисунок 40 – Характеристики компонента в САПР печатных плат

В OrCAD Capture при формировании BOM-файла для последующей передачи во внешнюю базу данных имеется возможность выбора отображения тех или иных характеристик элемента схемы. На вкладке Report Properties окна Standard Bill of Materials (рисунок 41) расположен список параметров, которые можно добавлять, удалять или перемещать.

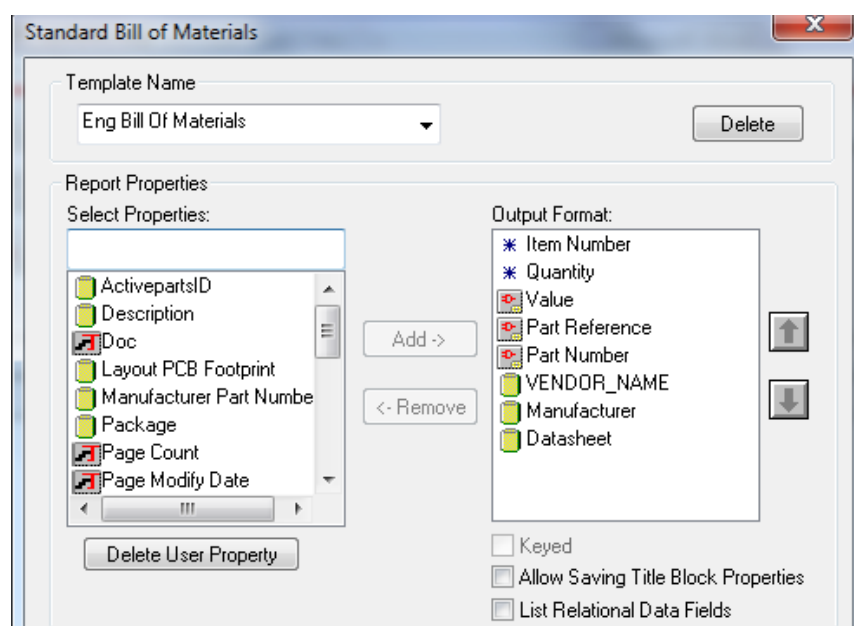


Рисунок 41 – Окно Standard Bill of Materials

Полученная в результате экспорта спецификация в MS Excel изображена на рисунке 42.

	A	B	C	D
1	Item Number	Quantity	Value	Part Reference
2	1	1	K73-17-0.068mkF	C1
3	2	1	K73-17-0.068mkF	C2
4	3	1	KM5-36pF	C3
5	4	1	KM5-36pF	C4
6	5	1	KM5-36pF	C5
7	6	1	KM5-36pF	C6
8	7	1	K73-17-0.068mkF	C7
9	8	1	K50-68-10mkF	C8
10	9	1	K50-68-200mkF	C9
11	10	1	K50-68-10mkF	C10
12	11	1	K140UD7	DA1
13	12	1	K561LP13	DD1

Рисунок 42 – Спецификация Bill of Materials в MS Excel

Для формирования отчёта проекта с указанием информации о производителях элементной базы, цене комплектующих и поставщиках необходимо передать данный файл из MS Excel в базу данных MS Access. Результат передачи спецификации Bill of materials в MS Access представлен на рисунке 43.

BOM - file				
Table 1				
Схема данных				
Запрос1				
Item Numbe	Quantity	Value	Part Reference	
1	1	K73-17-0.068mkF	C1	
2	1	K73-17-0.068mkF	C2	
3	1	KM5-36pF	C3	
4	1	KM5-36pF	C4	
5	1	KM5-36pF	C5	
6	1	KM5-36pF	C6	
7	1	K73-17-0.068mkF	C7	
8	1	K50-68-10mkF	C8	
9	1	K50-68-200mkF	C9	
10	1	K50-68-10mkF	C10	
11	1	K140UD7	DA1	
12	1	K561LP13	DD1	
13	1	K561LA7	DD2	
14	1	K56TM2	DD3	
15	1	ALS331A	HL1	
16	1	SP3-4M-10k	R1	
17	1	MLT 0.125-120k	R2	

Рисунок 43 – База данных в MS Access

После этого создаётся таблица с информацией о поставщиках, производителях, цене и наличии на складе. Полученная таблица изображена на рисунке 44.

Код	Value	Part Number	Dealer	Manufacturer	Cost	Available	Datasheet	Добавить поле
1	K73-17-0.068mkF	CL21(CBB21)	ООО "Электроника и связь"	Россия	9,44 p.	In Stock	http://www.giricond.ru/fil	
2	KM5-36pF	KM5B M47	ЗАО "Чип и Дип"	Россия	7 p.	In Stock	http://monitor.espec.ws/f	
3	K50-68-10mkF	K50-68И-10B	ОАО "Электонд"	Китай	6 p.	In Stock	http://www.platan.ru/pdf/	
4	K50-68-200mkF	K50-68И-16B	ОАО "Электонд"	Китай	8 p.	In Stock	http://www.platan.ru/pdf/	
5	MLT_0.125-120k	МЛТ 0.125-120к	ЗАО "Чип и Дип"	Китай	1 p.	Not Available	http://www.eandc.ru/pdf/	
6	MLT_0.125-100k	МЛТ 0.125-100к	ЗАО "Чип и Дип"	Китай	1 p.	Not Available	http://www.eandc.ru/pdf/	
7	MLT_0.125-2.2k	МЛТ 0.125-2.2к	ЗАО "Чип и Дип"	Китай	0,8 p.	Not Available	http://www.eandc.ru/pdf/	
8	MLT_0.125-8.2k	МЛТ 0.125-8.2к	ЗАО "Чип и Дип"	Китай	0,9 p.	Not Available	http://www.eandc.ru/pdf/	
9	KEM-3	МКС-17103	ЗАО "Чип и Дип"	Россия	95 p.	In Stock	https://lib.chipdip.ru/179/	
10	ALS331A	АЛС331А	ЗАО "РИТЭК"	Россия	27 p.	In Stock	http://www.eandc.ru/pdf/	
11	K140UD7	K140УД701	ЗАО "Чип и Дип"	Россия	210 p.	In Stock	https://lib.chipdip.ru/032/	
12	K561LP13	K561ЛП13	ЗАО "Чип и Дип"	Россия	14 p.	Not Available	http://www.voshod-kriz.ru	
13	K561LA7	K561ЛA7	ЗАО "Чип и Дип"	Россия	34 p.	In Stock	https://lib.chipdip.ru/030/	
14	KD503A	KD503A	ЗАО "Чип и Дип"	Россия	18 p.	In Stock	https://lib.chipdip.ru/407/	
15	D2B	K1401УД2Б	ООО "Арбатекс"	Россия	35 p.	In Stock	http://www.platan.ru/pdf/e	
16	MLT_0.125-10k	RC0805JK-0710KL	ЗАО "Чип и Дип"	Тайвань	0,9 p.	In Stock	http://www.eandc.ru/pdf/	
17	MLT_0.125-51k	RC0805FK-0751KL	ЗАО "Чип и Дип"	Тайвань	0,9 p.	In Stock	http://www.eandc.ru/pdf/	

Рисунок 44 – Таблица характеристик компонентов принципиальной схемы

Теперь есть возможность создать запрос, выполняющий поиск информации о стоимости элементов электрической схемы, их производителях, поставщиках, наличии на складе и технической документации. Для этого необходимо воспользоваться конструктором запросов.

Создадим запрос, осуществляющий поиск элементов по наименованиям «KD503A» и «D2B». Результат выполнения запроса представлен на рисунке 45.

BOM - file	Table 1	Schema	Запрос1	Part Number	Dealer	Manufacturer	Cost	Available	Datasheet
KD503A	KD503A	KD503A	ЗАО "Чип и Дип"	Россия	18 p.	In Stock	https://lib.chipdip.ru/407/DC		
D2B	D2B	K1401УД2Б	ООО "Арбатекс"	Россия	35 p.	In Stock	http://www.platan.ru/pdf/e		
D2B	D2B	K1401УД2Б	ООО "Арбатекс"	Россия	35 p.	In Stock	http://www.platan.ru/pdf/e		
KD503A	KD503A	KD503A	ЗАО "Чип и Дип"	Россия	18 p.	In Stock	https://lib.chipdip.ru/407/DC		
KD503A	KD503A	KD503A	ЗАО "Чип и Дип"	Россия	18 p.	In Stock	https://lib.chipdip.ru/407/DC		

Рисунок 45 – Результат выполнения запроса

Таким образом, можно разработать базу данных проекта с использованием СУБД Microsoft Access. Это позволит организовать общий доступ инженеров-проектировщиков к БД компонентов, сформировать механизмы каталогизации компонентов, синхронизации схемы и базы данных, обеспечить удобный и быстрый поиск элементов на основе нескольких параметров, управление доступом к данным проекта, а также возможна интеграция с ERP-системами.

3.2 Формирование базы данных проекта с помощью OrCAD Capture CIS

Программа OrCAD Capture CIS включает встроенную систему ведения баз данных электронных компонентов — Component Information System, которая сокращает время исследования, ввода и управления данными компонента. От пользователя требуется только выбрать характеристики компонентов — Capture CIS автоматически подберет данные, необходимые для приобретения компонентов, производства, а также для работы электронного устройства по созданной схеме. Если же меняется схема или централизованная база данных (БД), данные можно обновить одним нажатием кнопки. Располагая актуальной и выверенной информацией, пользователь может, например, передать разработчикам печатных плат полную и точную спецификацию, а значит, существенно снизить риск появления ошибок при проектировании.

Capture CIS работает практически с любыми базами данных. Стандартные драйверы ориентированы на работу с базами данных ODBC-стандарта, включая такие известные, как Microsoft Excel, Access, Visual и SQL Server. Capture CIS легко интегрируется с MRP/ERP/PDM-системами. Пользователь может получить непосредственный доступ к данным этих систем и/или к промежуточным БД, связанным с инженерными данными о компонентах [16].

Для ведения базы данных проекта будет использоваться СУБД MS Access. Для использования MS Access с OrCAD Capture CIS необходимо, чтобы был установлен 32-х битный MS Access.

В первую очередь необходимо создать таблицу Parts со следующими полями:

- 1) part_id, тип – текстовый;
- 2) part_value, тип – текстовый;
- 3) part_type, тип – текстовый;
- 4) schematic_part, тип – текстовый;

Также дополнительно можно добавить следующие поля:

- 5) part_manufacturer, тип – текстовый;
- 6) part_price, тип – числовой.

После этого нужно заполнить базу данных элементами следующим образом:

- part_id – порядковый номер записи;
- part_value – имя элемента;
- part_type – тип элемента (capacitor, resistor и т.д.);
- part_schematic – отображение элементы на схеме (C, R и т.д.).

Далее необходимо зайти в меню «Options → CIS Configuration» и создать новую конфигурацию, как показано на рисунке 46.

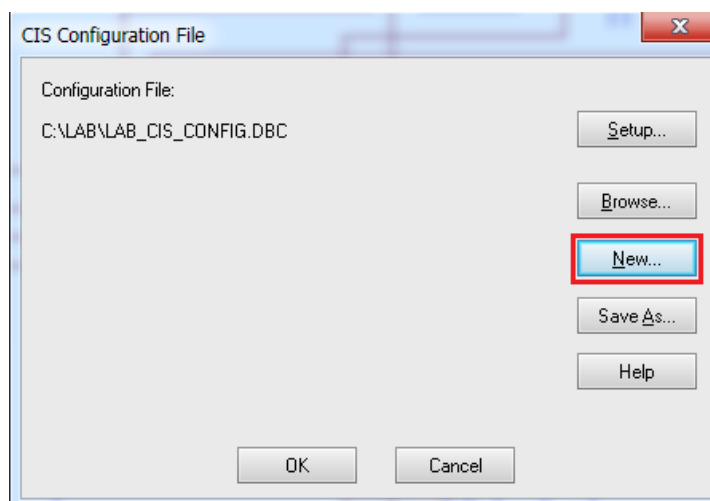


Рисунок 46 – Окно CIS Configuration File

Из списка источников данных необходимо выбрать MS Access. Если такой источник отсутствует, то следует вручную добавить драйвер MS Access в ODBC. Для этого нужно перейти по пути: C:\Windows\SysWOW64 и запустить odbcad32.exe. Во вкладке «Системный DNS» нажать кнопку «добавить» и выбрать из списка драйвер «Driver do Microsoft Access (*.mdb)». Далее останется только указать имя источника данных, например «MS Access» и нажать кнопку «ОК».

В окне выбора базы данных нужно выбрать созданную ранее БД, как это показано на рисунке 47.

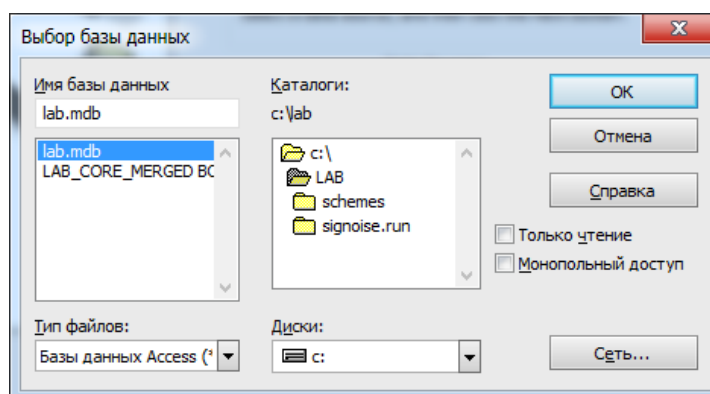


Рисунок 47 – Окно выбора базы данных

Далее выбирается таблица элементами (Parts) и указываются поля, шаги настройки конфигурации базы данных представлены на рисунках 48 – 50.

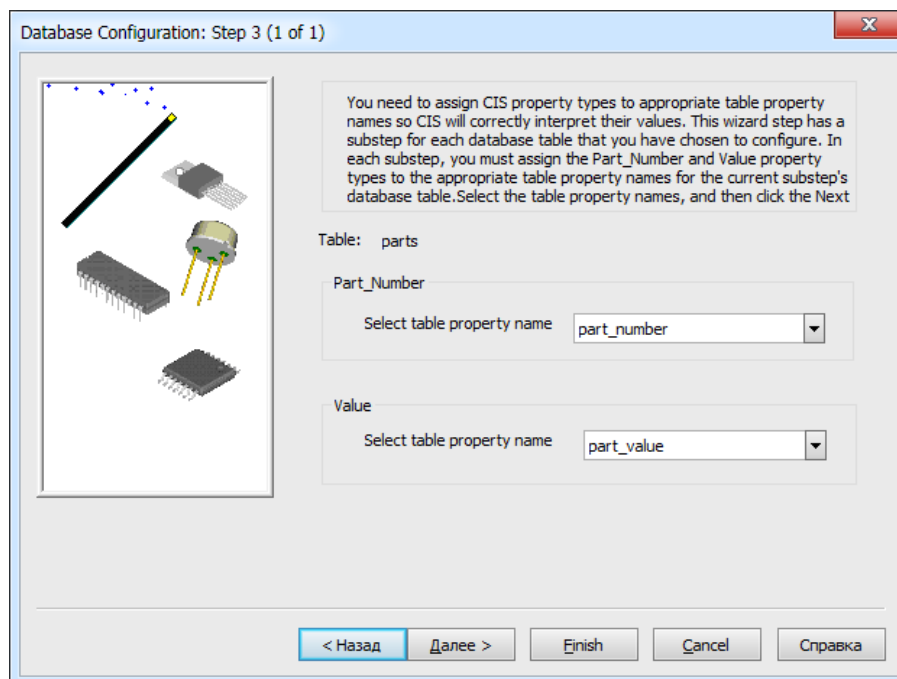


Рисунок 48 – Выбор полей базы данных

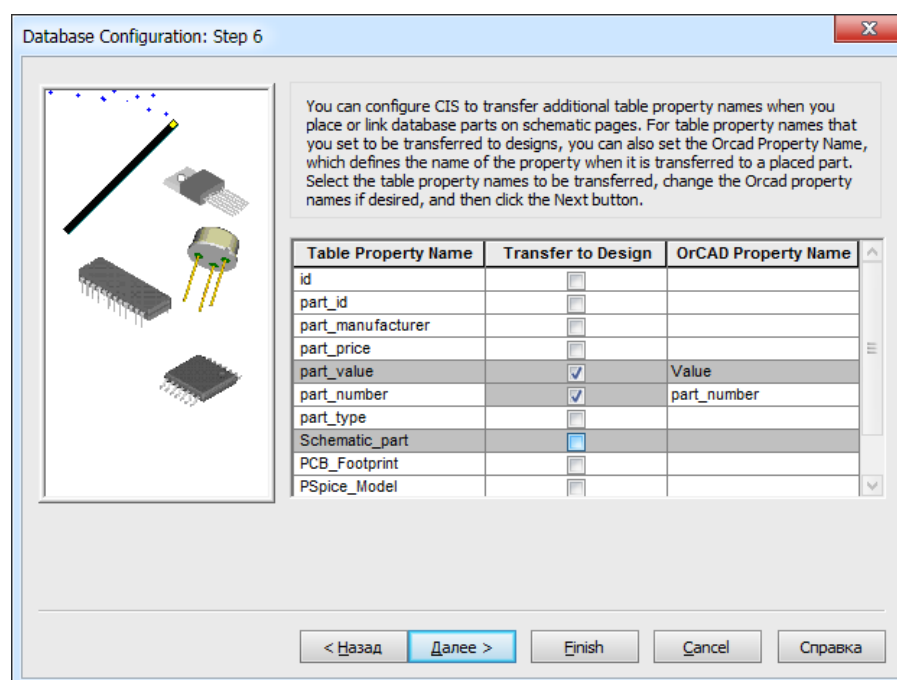


Рисунок 49 – Настройка таблицы базы данных

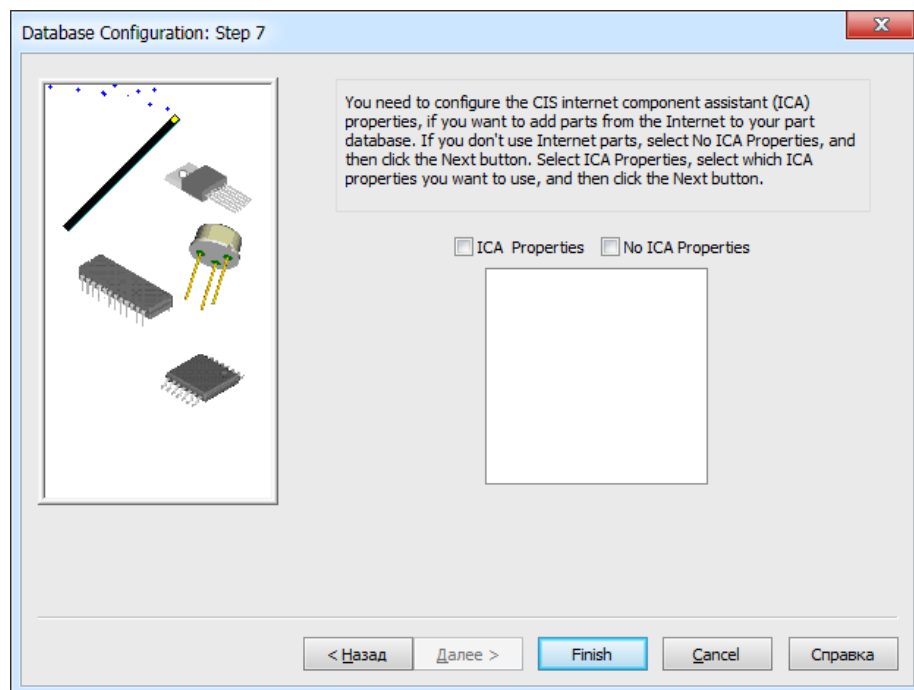


Рисунок 50 – Завершение настройки конфигурации базы данных

После завершения конфигурирования в окне «CIS Configuration File» необходимо нажать кнопку «Save As...» и сохранить файл конфигурации.

Далее необходимо разместить на схеме нужный элемент из ранее созданной библиотеки и нажать по нему правой кнопкой мыши. В контекстном меню нужно выбрать функцию Link Database Part (рисунок 51).

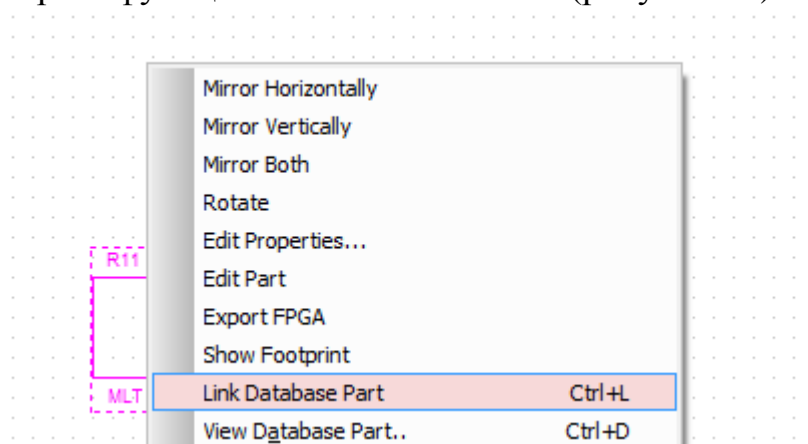


Рисунок 51 – Контекстное меню Link Database Part

Далее в открывшемся окне CIS Explorer следует выбрать необходимый элемент и в контекстном меню нажать «Link Database part...», как это показано на рисунке 52.

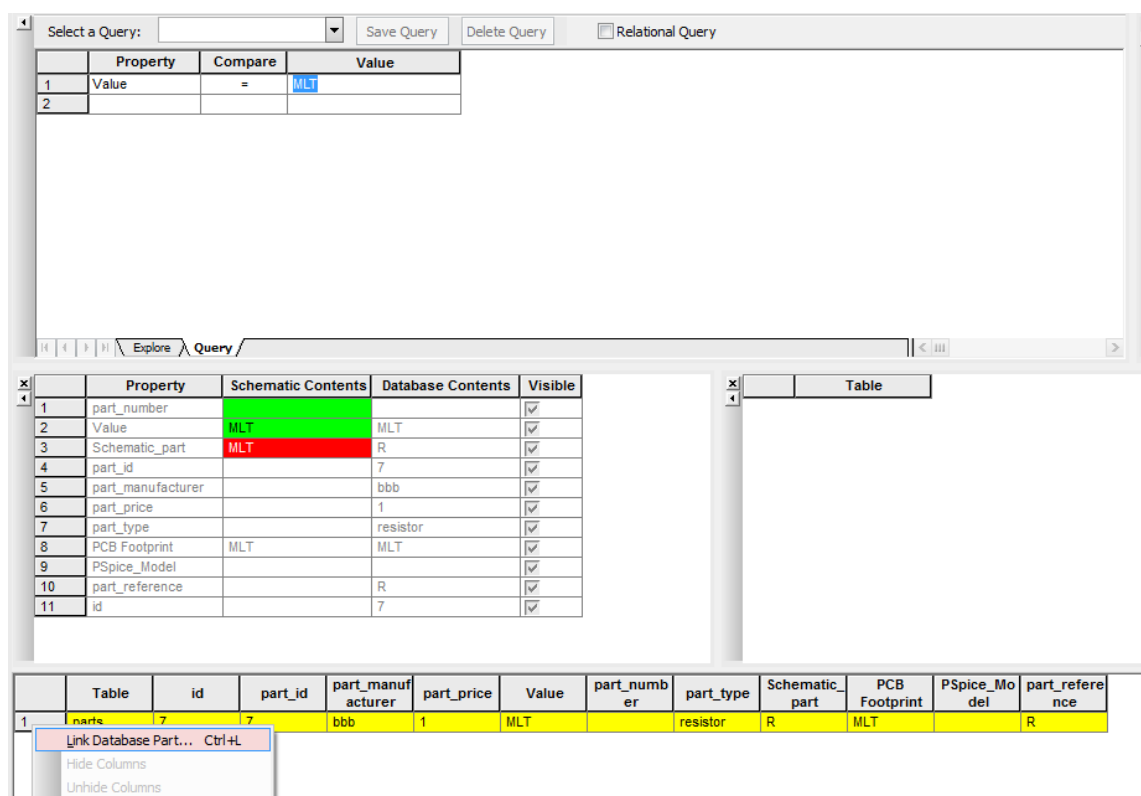


Рисунок 52 – Окно CIS Explorer

Результат размещения на схеме компонента из базы данных с помощью Component Information System представлен на рисунке 54.

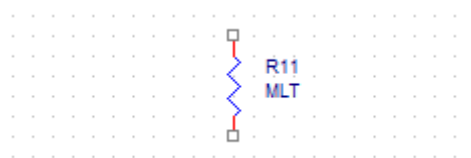


Рисунок 53 – Результат размещения компонента из базы данных

Таким образом, показаны возможности создания базы данных проекта при разработке схемы электрической принципиальной, что позволяет организовать доступ инженеров-проектировщиков к базе данных компонентов портфеля проектов; организовать доступ специалистов отдела закупок, экономического отдела, склада при интеграции базы данных с ERP-системой предприятия.

Разработаны указания по применению системы OrCAD Component Information System (CIS), встроенной в схемотехнический редактор OrCAD Capture.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выпускной квалификационной работы подробно рассмотрены функциональные возможности графических редакторов схем в составе современных САПР, позволяющие автоматизировать трудоёмкий процесс в части оформления схемной документации.

Разработана методика оформления схем электрических принципиальных с использованием графического редактора в составе САПР печатных плат, показана интеграция графического редактора схем и машиностроительной САПР на примере OrCAD Capture и КОМПАС-3D. Составлена подробная инструкция по использованию стандартных и расширенных функций графического редактора схем OrCAD Capture в части формирования и редактирования схемной документации.

Апробированы возможности создания внешней базы данных проекта при разработке схемы электрической принципиальной, что позволяет организовать доступ инженеров-проектировщиков к базе данных компонентов портфеля проектов; организовать доступ специалистов отдела закупок, экономического отдела, склада при интеграции базы данных с ERP-системой предприятия. Разработаны указания по применению системы OrCAD Component Information System (CIS), встроенной в схемотехнический редактор OrCAD Capture.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БД – база данных

ЕСКД – единая система конструкторской документации

КД – конструкторская документация

ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема

ПП – печатная плата

САПР – система автоматизированного проектирования

УГО – условно-графическое обозначение

BOM – Bill of Materials

CAD – Computer-Aided Design

CIS – Component Information System

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – Взамен ГОСТ 2.701—84 ; введ. 01.07.2009. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 13 с.
- 2 Системы автоматизированного проектирования в радиоэлектронике : справочник / Е. В. Авдеев, А. Т. Еремин, И. П. Норенков, М. И. Песков ; под ред. И. П. Норенкова. – Москва : Радио и связь, 1986. – 368 с.
- 3 Основы теории и проектирования САПР : учеб. для вузов по спец. «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» / И. П. Норенков, В. Б. Маничев. – Москва : Высшая школа, 1990. – 335 с.
- 4 Cadence OrCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://store.softline.ru/cadence-design-systems-inc/cadence-orcad/>
- 5 Xpedition Enterprise [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.csoft.ru/catalog/soft/xpedition/xpedition-enterprise.html>
- 6 Altium Designer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Altium_Designer
- 7 Delta Design [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dd.ru/module_pcb/описание-редактора-плат
- 8 CADSTAR Express [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cxem.net/software/cadstar_express.php
- 9 AutoCAD Electrical [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cxem.net/software/autoCAD_electrical.php
- 10 nanoCAD Схемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nanocad.ru/products/detail.php?ID=129625>
- 11 EPLAN Electric P8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ep-audit.spb.ru/page/eplan>
- 12 КОМПАС-Электрик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kompas.ru/kompas-3d/application/instrumentation/electric/>
- 13 Проектирование электрических систем от Dassault Systemes и IGE+XAO Group [Электронный ресурс] : методика проектирования электрических систем. – Режим доступа: <http://sapr.ru/article/14860>
- 14 OrCAD Capture [Электронный ресурс] : методы создания библиотек и символов электронных компонентов. – Режим доступа: <http://sapr.ru/article/23877>

15 OrCAD Component Information Portal [Электронный ресурс] : инструмент управления базой данных электронных компонентов. – Режим доступа: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/4/article_4970_615.pdf

16 Capture CIS [Электронный ресурс] : редактор схем Capture и информация о компоненте. – Режим доступа: http://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_14_orcad.html

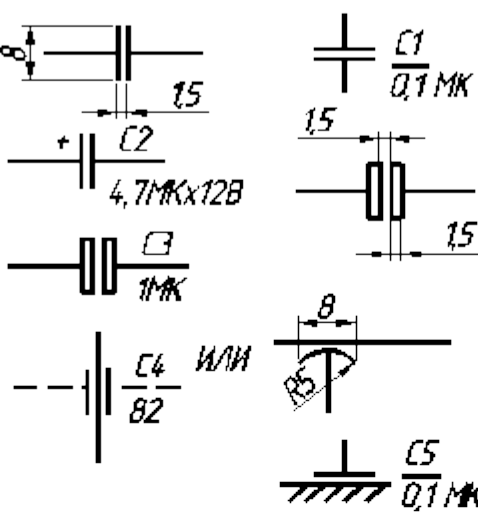
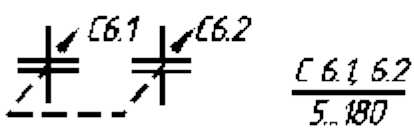
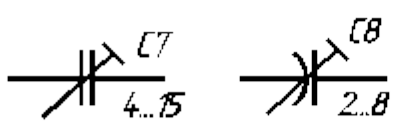
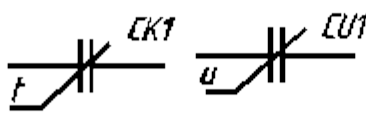
17 СТО 4.2 07 2014. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Взамен СТО 4.2 07 2012; дата введ. 30.12.2013. – Красноярск, 2013. – 60с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

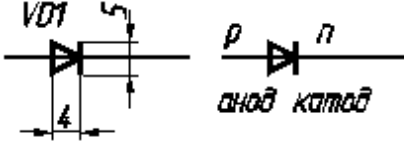
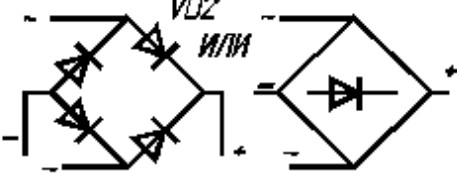

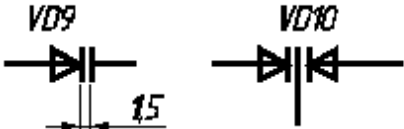
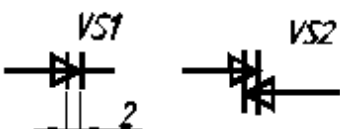
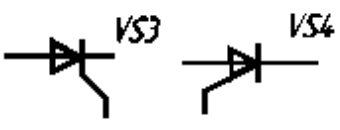
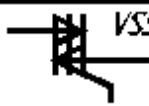
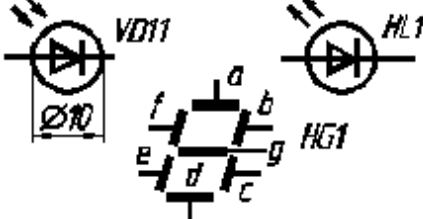
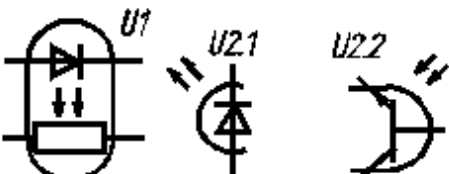
УГО резисторов по ГОСТ 2.728-74

Наименование	УГО	Расшифровка УГО
Резистор постоянный		<p>Общее обозначение. Рекомендуемый размер. Резисторы с позиционными обозначениями R1, R2, R3, R4, R5 с соответствующими номиналами 1 кОм, 5,6 кОм 150 Ом, 1,2 МОм, 51 Ом и мощностью рассеивания – 0,05, 0,25, 2, 0,125, 0,5 Вт соответственно. Резистор R5 – подбираемый.</p>
Резистор переменный		<p>Рекомендуемый размер. R6 – потенциометр. R7 – реостатного типа. R8, R9 – сдвоенный резисторы без разрыва цепи. R10 – сдвоенный резистор с разрывом цепи.</p>
Резистор подстроечный		<p>R11 – потенциометр. R12 – реостатного типа.</p>
Резистор подстроечный		<p>RK1 – терморезистор. RU1 – варистор. R13 – фоторезистор.</p>

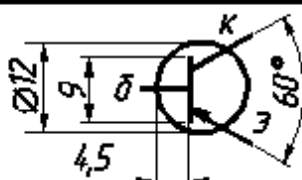
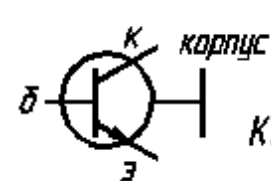
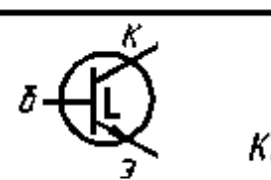
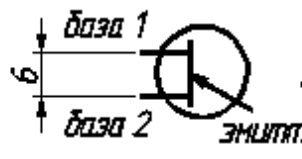

УГО конденсаторов по ГОСТ 2.728-74

Наименование	УГО	Расшифровка УГО
Конденсатор постоянной емкости		<p>Общее обозначение. Рекомендуемый размер. Конденсатор с позиционным обозначением в схеме C1 и емкостью 0,1 микрофарады. C2 – оксидный полярный конденсатор емкостью 4,7 мкФ и рабочим напряжением 12 В. C3 – конденсатор неполярный C4 – конденсатор подстроечный C5 – конденсатор переменный</p>
Конденсатор переменной емкости		<p>C6 – двойной конденсатор переменной емкости от 5 до 180 пФ.</p>
Конденсатор подстроечный		<p>C7 – конденсатор с изменяемой емкостью от 4 до 15 пФ. C8 – то же, с указанием ротора.</p>
Конденсатор саморегулируемый		<p>CK1 – термоконденсатор. CU1 – вариконд.</p>

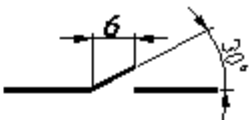
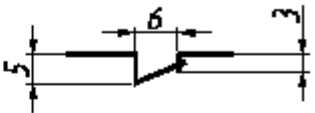
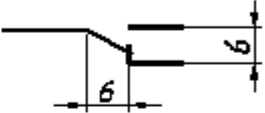
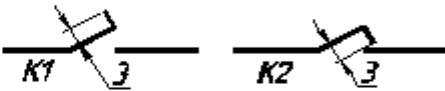
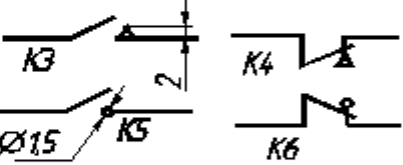
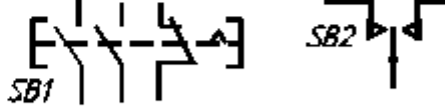
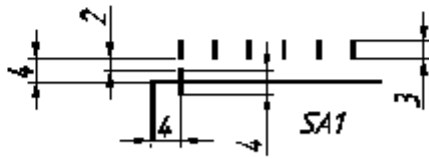
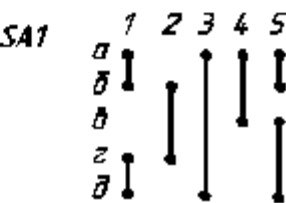
УГО полупроводниковых приборов по ГОСТ 2.730-73

Наименование	УГО	Расшифровка УГО
Диод		Общее обозначение. Рекомендуемый размер
Сборка диодная Ø12		VD2, VD3 – однофазный выпрямительный мост.
Стабилизаторы		VD5 – двуканодный, VD6 – туннельный, VD7 – обращенный, VD8 – диод Шоттки.
Варикапы		Общее обозначение. Рекомендуемый размер VD10 – варикапная матрица.
Тиристоры		VS1 – дикистор VS2 – дикистор симметричный
		VS3 – триакистор с управлением по катоду; VS4 – та же, по аноду.
		VS5 – триакистор (симистор) симметричный
Фотодиоды, светодиоды и индикаторы светодиодные		VD11 – фотодиод, HL1 – светодиод, HG1 – семисегментный индикатор.
Приборы оптроновые		U1 – оптроны с использованием светодиода и фоторезистора, U2 – оптроны с разнесённой в схеме парой

УГО транзисторов по ГОСТ 2.730-73

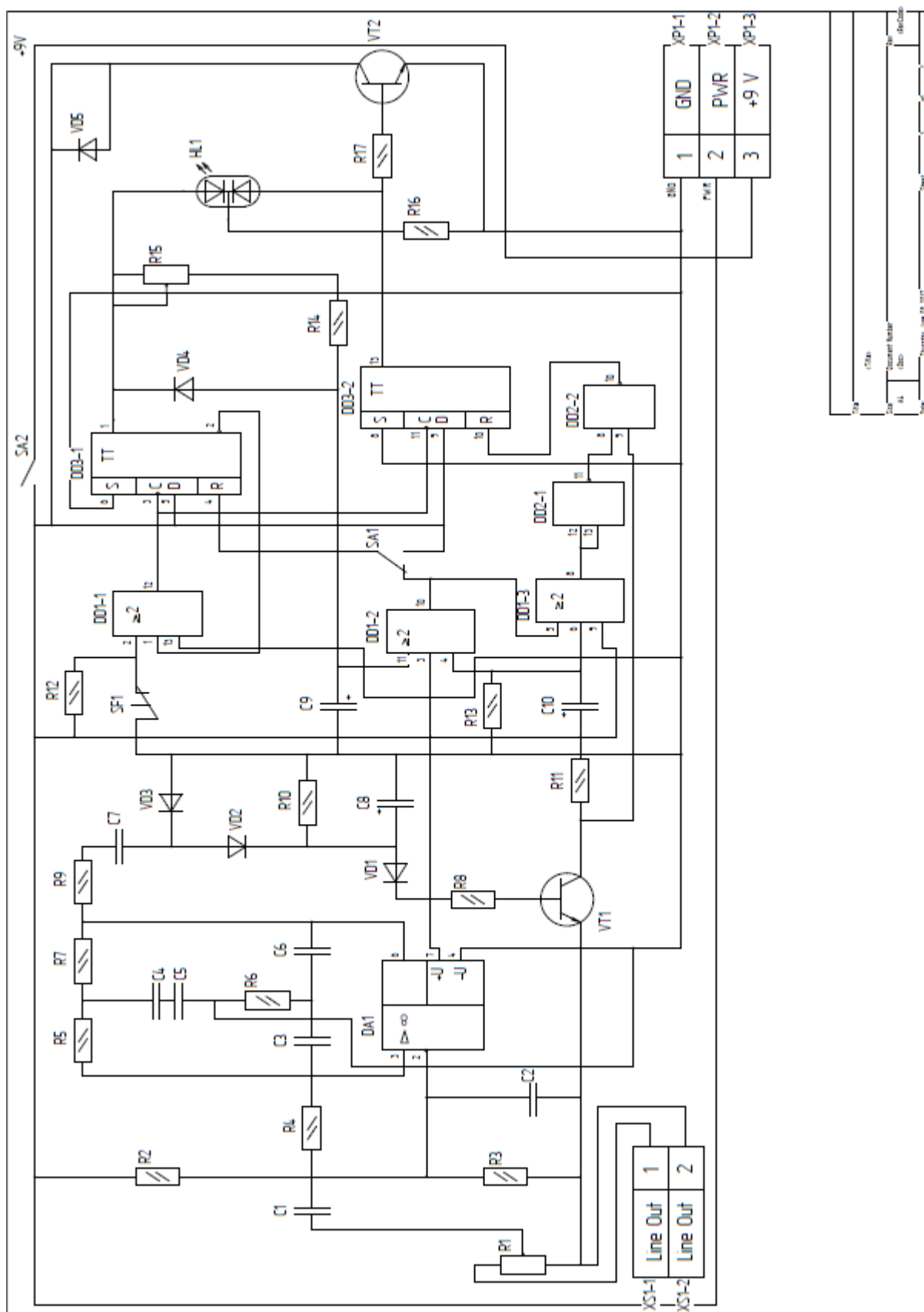
Наименование	УГО	Расшифровка УГО
Транзистор биполярный со структурой p-p-p	 <p>VT1 КТ209А</p>	Общее обозначение. Рекомендуемый размер. VT1 – малошумящий, низкочастотный транзистор.
Транзистор биполярный со структурой n-p-n	 <p>VT2 КТ3102Е</p>	VT2 – высокочастотный, малошумящий транзистор с металлическим экраном – корпусом; б – базовый вывод, к – вывод коллектора, э – эмиттера.
Транзистор биполярный со структурой n-p-n	 <p>VT3 КТ339А</p>	L – символ лавинного прохода.
Транзистор однопереходный	 <p>VT4 КТ117Б</p>	Рекомендуемый размер. Символ эмиттера протягивается к середине символа базы.
Транзистор многоэмиттерный	 <p>VT5 Д012</p>	VT5 – транзистор, входящий в ТТЛ сборку К155/1А4.

УГО устройств коммутации по ГОСТ 2.755-74, ГОСТ 2.756-76

Наименование	УГО	Расшифровка УГО
Контакт замыкающий		Общее обозначение. Рекомендуемый размер.
размыкающий		Общее обозначение. Рекомендуемый размер.
переключающий		Общее обозначение. Рекомендуемый размер.
Контакты с неодновременным срабатыванием		Рекомендуемый размер. K1 – с запаздыванием. K2 – с опережением.
Контакты с фиксацией и без фиксации		Рекомендуемый размер. K3, K4 – без фиксации. K5, K6 – с фиксацией.
Выключатели и переключатели кнопочные		SB1 – с фиксацией. SB2 – с фиксацией в нейтральном положении
Переключатели многопозиционные		SA1 – переключатель на 6 положений и одно направление
Переключатель многопозиционный со сложной коммутацией (один из вариантов)		SA2 – переключатель на 5 положений (цифры 1..5 и цепи а..д); в положении 1 – цепи а-б и г-д, 2 – цепь б-г, 3 – цепь г-д, 4 – цепь а-д, 5 – цепь

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схема электрическая принципиальная



Перечень элементов схемы электрической принципиальной

69

Окончание приложения В

Перечень элементов схемы электрической принципиальной

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
R9	MLT_0.125-2.2k	1	
R10	MLT_0.125-8.2k	1	
R11	MLT_0.125-22k	1	
R12-R14	MLT_0.125-100k	3	
R15	SP3-4M-1M	1	
R16	MLT_0.125-13k	1	
R17	MLT_0.125-27k	1	
SA1	RPU1-2M040	1	
SA2	RPU2-2M040	1	
SF1	KEM-3	1	
VD1	KD503A	1	
VD2,	D2B	2	
VD3			
VD4,	KD503A	2	
VD5			
VT1	KT315B	1	
VT2	KT972A	1	
XP1	MRN4-1	1	
XS1	MRN4-1	1	
		</	